

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

LEANDRO DORNELES FRANCO

**PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NO ÍNDICE DE EXTRAÇÃO DO AÇÚCAR EM
UMA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA NO ESTADO DO MATO GROSSO DO
SUL.**

DOURADOS – MS

2018

LEANDRO DORNELES FRANCO

**PROPOSIÇÃO DE MELHORIAS NO ÍNDICE DE EXTRAÇÃO DO AÇÚCAR EM
UMA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA NO ESTADO DO MATO GROSSO DO
SUL.**

**Trabalho de conclusão de curso,
apresentado a Universidade Federal da
Grande Dourados, como parte das
exigências para a obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção.**

Dourados, 22 de fevereiro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Carlos Eduardo Soares Camparotti
Orientador

Prof. Larissa Diniz
Banca

Prof. Rogério da Silva Santos
Banca

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pois permitiu que tudo isso acontecesse e sempre me deu forças para essa longa jornada.

Agradeço aos meus pais, Luiz Carlos e Rose Dorneles, que sempre fizeram de tudo para que eu tivesse condições para passar por esta fase da minha vida.

Agradeço a meu irmão, tios e avó, por sempre apoiarem e acreditarem no meu sonho.

Agradeço a minha esposa, Michele Fernandes, por ter sido meu alicerce durante a graduação e nunca me deixar faltar ânimo para concluí-la.

Agradeço ao meu orientador, Carlos Camparotti, pelo empenho dedicado à elaboração deste trabalho.

Agradeço a todos os professores, não apenas por me proporcionarem conhecimentos técnicos, mas a manifestação de opiniões no processo de formação profissional, que quando mescladas, fazem grande parte do que sou hoje.

Agradeço aos membros da gestão 2015 do Centro Acadêmico de Engenharia de Produção (CAEP), por terem me dado a oportunidade de montarmos uma equipe vencedora e realizar melhorias em prol do curso.

Agradeço ao meu orientador do estágio, Bráulio Ribeiro, pelo apoio e compreensão com a priorização da minha graduação.

Ao meu colega Silvestre Rivarola, por todos os ensinamentos durante o estágio onde com certeza auxiliaram na execução deste trabalho.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado!

“ Se eu perguntasse a meus compradores o que eles queriam, teriam dito que era um cavalo mais rápido. ”

Henry Ford

RESUMO

O setor sucroalcooleiro vem em constante crescimento, fazendo com que cada dia seja mais necessário um estudo avançado sobre produtividade dentro da indústria do ramo de cana-de-açúcar. O setor de extração é o setor que, historicamente, apresenta mais dificuldades para adequação aos parâmetros necessários para o processo atingir os padrões de produtividade, fato este que é devido à uma diversidade de fatores operacionais ou condição da matéria prima. Partindo destes princípios, foi realizado a etapa PLAN do ciclo PDCA, com a finalidade de se obter uma análise dos impactos da condição da matéria prima no processo e a elaboração de planos de ação para se obter uma otimização no processo. Foram obtidos 5 planos de ação como alvo de amenização dos impactos gerados pelas causas raízes encontradas pela ferramenta ao longo do processo de extração, sendo estes, contidos no preparo da matéria-prima e na gestão do processo como um todo, ressaltando então a importância da qualidade em todos os níveis hierárquicos do processo.

Palavras chave: Extração, Sucroalcooleira, PDCA.

ABSTRACT

The sugar and alcohol industry is constantly growing, making an advance study of productivity in the sugarcane industry more and more necessary. The extraction sector is the sector that, historically, presents more difficulties to adapt to the parameters necessary for the process to reach the productivity standards, fact that is due to a diversity of operational factors or condition of the raw material. Starting from these principles, the PLAN stage of the PDCA cycle was carried out, with the purpose of obtaining an analysis of the impacts of the raw material condition in the process and the elaboration of action plans to obtain an optimization in the process. Five action plans were obtained as a target for mitigating the impacts generated by the root causes encountered by the tool during the extraction process, which are contained in the preparation of the raw material and in the management of the process as a whole, highlighting the importance of quality at all hierarchical levels of the process.

Key words: Extraction, Sugar and Alcohol, PDCA.

Lista de figuras

2.1.	Exemplo do gráfico de pareto de Pareto.....	20
2.2.	Modelo de um diagrama de causa e efeito	21
2.3.	Modelo de elaboração de um histograma	22
2.4.	Modelo de diagrama de dispersão	23
2.5.	Exemplo genérico de um gráfico de controle	25
2.6.	Exemplo de um diagrama em árvore.....	26
2.7.	Esquema de desenvolvimento de acordo com a produtividade.....	31
4.1.	Recepção de cana.....	38
4.2.	Preparo de cana.....	39
4.3.	Desfibrador de um preparo	40
4.4.	Difusor de cana.....	41
4.5.	Ternos de moendas	43
4.6.	Fluxograma do processo de extração.....	44
4.7.	Índice de extração (2016)	45
4.8.	Diagrama de ishikawa	46
4.9.	Gráfico de priorização	48
4.10.	Diagrama em árvore do fator procedimento operacional	49
4.11.	Diagrama em árvore do fator índice de preparo	50
4.12.	Modelo genérico de um P.O.P. elaborado na empresa.....	51
4.13.	Exemplo de um sistema de preparo.....	53
4.14.	Martelos desgastados	54
4.15.	Projeto do SLS em operação na empresa com os pontos de melhoria	55

Lista de Quadros

2.1.	Atributos da qualidade de 1 produto	15
2.2.	Eras da qualidade.....	16
2.3.	Exemplo de uma folha de verificação	19
2.4.	Exemplo genérico de uma matriz de priorização	26
2.5.	Ciclo PDCA.....	28
4.1.	Matriz de priorização.....	48
4.2.	Planilha para controle de troca de martelos.....	54

Sumário

Lista de figuras	6
Lista de Quadros.....	7
Sumário	8
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	9
1.1. PROBLEMA	10
1.2. JUSTIFICATIVA.....	10
1.3. OBJETIVO GERAL.....	11
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	13
2.1. GESTÃO DA QUALIDADE	13
2.1.1. CONCEITO.....	13
2.1.2. HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA QUALIDADE	16
2.1.3. FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	18
2.1.4. PDCA	26
2.1. RESUMO DAS FÓRMULAS E CONCEITOS UTILIZADOS DENTRO DE UMA USINA SUCROALCOOLEIRA	29
2.2. PRODUTIVIDADE	30
CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA.....	33
3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	33
3.2. METODOLOGIA	34
3.3. TÉCNICA DE COLETA DE DADOS E ANÁLISE INTERPRETATIVA DOS DADOS	34
CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
4.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE RECEPÇÃO, PREPARO E EXTRAÇÃO.....	36
4.1.1. RECEPÇÃO E PREPARO DA CANA	36
4.1.2. EXTRAÇÃO	40
4.1.3. SECAGEM.....	41
4.2. RESULTADOS OBTIDOS.....	44
4.2.1 PLANO DE AÇÃO I.....	51
4.2.2 PLANO DE AÇÃO II.....	52
4.2.3 PLANO DE AÇÃO III	52
4.2.4 PLANO DE AÇÃO IV	55
4.2.5 PLANO DE AÇÃO V	55
CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
REFERÊNCIAS	59
APÊNDICE A – LAYOUT PARA CONTROLE DOS INDICADORES DO PROCESSO DE EXTRAÇÃO.....	61

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

Sendo uma cultura introduzida no período colonial, a cana-de-açúcar é hoje uma das principais culturas da economia brasileira devido ao grande uso de seus derivados, fazendo com que o país seja hoje o maior produtor de cana e, ao analisarmos em termos globais a demanda por uso de combustíveis de origem renováveis, é uma cultura que vem conquistando este nicho de mercado em um âmbito global.

Desta forma, o que se vê hoje no Brasil, são as forças de mercado investindo em quantidade crescente no setor sucroenergético, direcionando a produção de etanol combustível, açúcar de consumo ou não consumo humano, plástico biodegradável obtido a partir da compactação do bagaço da cana, e principalmente as novas fontes de energia de biomassa que são transformadas em energia elétrica através da queima do bagaço e também da produção de biogás através da digestão anaeróbica da vinhaça (resíduo da produção de etanol) (ZORZATTO, 2012).

O que se pode observar é um crescimento exponencial da indústria sucroalcooleira nacional no decorrer dos últimos 20 anos. Fato esse que é comprovado pelos dados do Ministério da Agricultura (2016), que afirma que o país deve alcançar taxa média de aumento da produção de 3,25%, até 2018/19, e colher 47,34 milhões de toneladas do produto, o que corresponde a um acréscimo de 44,59% em relação à safra 2007/2008. Estes dados validam a ideia dos biocombustíveis como substituto ou complemento aos combustíveis de origem fósseis assim como justifica este aumento nos investimentos.

Além das diversas aplicabilidades dos produtos originados da cana-de-açúcar, há um considerável apelo ambiental pelo desenvolvimento deste segmento. Segundo o IEA (2006), algumas contribuições dos biocombustíveis são que os mesmos contribuem para atingir as várias “metas de desenvolvimento do milênio”, contribuem para segurança energética, reduzem as emissões de gases do efeito estufa, reduzem a poluição local e desenvolvem um novo segmento industrial e conseqüentemente atrair novos investimentos e gerar empregos.

Com o intuito das empresas se sobressaírem em relação à instabilidade do mercado e se consolidarem em um cenário global, Mello (2012) ressalta que as indústrias produtoras de etanol vem buscando por meio de aumento da capacidade produtiva e por meio de projetos renováveis a estabilidade financeira necessária. Isto se afirma pelo fato da tecnologia de produção de etanol e açúcar ser muito semelhante em relação a processos em todas as usinas brasileiras. O que diferencia uma usina da outra são as variações nos tipos e qualidades dos

equipamentos, controles operacionais e, principalmente, nos níveis gerenciais (NOVACANA, 2017).

Tubino (1999) valida este conceito das empresas buscarem na produtividade como forma de obtenção de um lucro otimizado afirmando que o cenário econômico tende a mudar constantemente, dificultando a formação de um preço fixo para o produto. Isso acaba fazendo com que estes preços sejam determinados pela lei da oferta e procura, enfatizando na questão de que para esse lucro ser otimizado. Tendo isto, pode-se dizer que uma das principais oportunidades de uma empresa do setor se manter competitiva no mercado é buscando um lucro otimizado por meio do aumento de eficiência na produtividade da produção de seus derivados. Para isto, deve-se buscar um meio de reduzir as perdas de açúcar durante todo o processo.

Este trabalho pretende analisar o setor de extração de açúcar dentro de uma indústria do setor sucroalcooleiro no estado do Mato Grosso do Sul, pois este é um setor chave dentro deste sistema produtivo quando se visa em reduzir a perda de produtividade referente à produção de etanol.

Dentro deste capítulo serão abordados aspectos referentes ao problema e justificativa, assim como uma explanação mais clara sobre os objetivos do trabalho.

1.1. PROBLEMA

Índice de extração do açúcar no caldo da cana-de-açúcar abaixo dos padrões estabelecidos para se obter uma boa eficiência na produção do etanol hidratado, tendo que, o processo fermentativo que origina a transformação do açúcar em etanol necessita de uma quantidade elevada de açúcar por metro cúbico de caldo para se obter então um rendimento otimizado.

1.2. JUSTIFICATIVA

Observou-se através de estudos na literatura a falta de pesquisas na área de extração, fato este que justifica a necessidade de um trabalho analisando as necessidades operacionais para o setor de extração, tendo em vista que hoje o Brasil é o maior processador de cana-de-

açúcar do mundo devido ao seu clima, principalmente no estado do Mato Grosso do Sul, onde o solo é ideal para o cultivo de cana-de-açúcar.

Na empresa analisada, a extração do açúcar é feita por meio de um difusor de cana-de-açúcar, aparelho este que foge do maquinário tradicional das indústrias do setor, que geralmente utilizam ternos de moendas para extração. O difusor necessita de alguns cuidados operacionais específicos para se obter um bom índice de extração, devido ao fato da condição da matéria prima ser diretamente proporcional à eficiência do difusor.

Estima-se que o resultado de produção poderia ser acrescido em aproximadamente em 0,22% caso os resultados provenientes da extração do açúcar atingissem os padrões estabelecidos previamente como padrões ótimos para a safra. Esse número aliado ao fato de ser uma indústria de grande porte, se faz necessário a aplicação de ferramentas da qualidade, mais precisamente, utilizar o ciclo PDCA com a finalidade de se elaborar planos de ação para que, quando implantados, gere um retorno de produtividade para empresa, consequentemente, financeiro. Pretende-se utilizar o PDCA devido à seu impacto a curto prazo dentro da busca de soluções, uma vez que, o ciclo busca pelo meio de métodos quantificáveis e cíclicos, chegar em um nível de processo de busca pela melhoria contínua, tendo que, segundo Andrade (2003), a aplicação contínua do ciclo PDCA permite um real aproveitamento dos processos gerados na empresa, visando a redução de custos e o aumento da produtividade.

1.3. OBJETIVO GERAL

Elaboração de planos de ação para melhoria no índice de extração do açúcar contido na cana-de-açúcar através de um difusor em uma indústria sucroalcooleira fabricante de etanol hidratado e energia elétrica para amenizar os impactos da variabilidade da matéria prima.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Explanar o processo de extração de açúcar da cana-de-açúcar para obtenção da matéria prima para fabricação de etanol hidratado;
- Rodar a etapa PLAN do ciclo PDCA;

- Analisar necessidades operacionais para se manter um índice de extração aceitável considerando os impactos da matéria prima;
- Propor planos de ação específicos no processo para se obter uma melhoria no preparo da cana-de-açúcar para se manter o índice extração nos padrões solicitados.

CAPÍTULO 2 – REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

O seguinte capítulo aborda os seguintes temas: gestão da qualidade e ferramentas da qualidade, PDCA, formulações para indicadores de desempenho de uma indústria sucroalcooleira e sobre produtividade.

2.1. GESTÃO DA QUALIDADE

A gestão da qualidade é vista hoje, tanto no meio acadêmico como no empresarial, como um fator estratégico para a melhoria de competitividade e produtividade. Essa importância da gestão da qualidade decorre de um longo processo de evolução do conceito e da prática de gestão da qualidade, que contou com contribuições importantes de vários estudiosos, com destaque para Juran, Deming, Feigenbaum e Ishikawa (CARPINETTI, 2016).

2.1.1. CONCEITO

Para Lourenço Filho (1976), a qualidade determina-se pela especificação do que é desejado, pelo controle de fabricação que procura atender à especificação do que é desejado, pela inspeção do produto a fim de verificar sua conformidade com a especificação previamente aceita.

Deming (1990) define qualidade como um grau previsível de uniformidade e dependência, baixo custo e satisfação do mercado. O mesmo complementa afirmando que qualidade nada mais é do que aquilo que o cliente necessita e deseja, e considerando que as necessidades e desejos dos clientes estão em constante mudança, a solução para definir qualidade em termos do cliente é redefinir as especificações constantemente.

Para Juran & Gryna (1992), qualidade significa do que adequação ao uso.

No ano de 1984, Garvin (1984) traz uma abordagem referente a qualidade de um produto sob a visão de 5 enfoques diferentes, como mostrado nos tópicos abaixo.

- **Enfoque transcendental:** Este enfoque traz uma visão de que qualidade nada mais é que sinônimo de "excelência nata". Garvin afirma que esta abordagem não pode ser quantitativamente definida, pois defende que a qualidade é reconhecida somente através da experiência com o produto/serviço em estudo.

- **Enfoque baseado no produto:** Este enfoque leva a uma dimensão hierarquizada da qualidade, pois ela traz uma visão da qualidade como uma variável precisa e mensurável. Garvin afirma que nesta abordagem, a qualidade de um produto é referente às características particulares deste produto. A principal consideração a ser feita sobre esta abordagem, é o fato de que se baseando nela, uma qualidade melhor para o produto/serviço acaba implicando diretamente em alto custo de implementação, considerando que características individuais para os produtos/serviços se tornam os elementos de valoração dos mesmos.
- **Enfoque baseado no usuário:** Este é um enfoque altamente subjetivo referente à qualidade, pois traz uma ideia de que um produto só tem uma boa qualidade quando satisfaz um consumidor específico inteiramente. Logo, este enfoque acaba definindo um produto de qualidade como um produto capaz de agregar diversas variáveis referentes ao desejo de diversos consumidores. Garvin traz que esta abordagem acaba levando para dois problemas referentes a qualidade: como agregar amplas e variáveis preferências individuais dos consumidores em um produto e como distinguir os atributos que implicam em qualidade do produto e aqueles que apenas maximizam a satisfação do consumidor.
- **Enfoque baseado na fabricação:** Ao contrário de todos os enfoques apresentados até agora, no enfoque baseado na fabricação Garvin traz o conceito de que para um produto ter a qualidade necessária para manter a competitividade no mercado, basta apenas este produto estar conforme as especificações definidas previamente pela equipe de engenharia da linha produtiva deste produto.
- **Enfoque baseado no valor:** As definições baseadas neste enfoque levam a qualidade a uma adequação maior à realidade. Segundo ela, um produto de qualidade é aquele que não apenas apresenta um bom desempenho, mas sim que seja vendido a um valor aceitável e tenha um custo aceitável. Garvin toca no ponto que esta abordagem acaba nos levando a questão de as fabricas hoje devem buscar sempre obter uma qualidade máxima nos seus produtos, buscando manter no seu valor um preço competitivo.

Considerando isto, Garvin (1992) e Carpinetti (2016) descrevem um produto de qualidade como um produto que apresente estes atributos mostrados no quadro abaixo.

Quadro 2.1 – Atributos da qualidade de um produto.

Atributo	Descrição
Desempenho técnico ou funcional	Grau com que o produto cumpre sua missão ou função básica.
Facilidade ou conveniência de uso	Inclui o grau com que o produto cumpre suas funções secundárias que suplementam a função básica.
Disponibilidade	Grau com que o produto encontra-se disponível para uso quando requisitado.
Confiabilidade	Probabilidade que se tem de que o produto, estando disponível, consegue realizar sua função básica sem falhar, durante um tempo predeterminado e sob determinadas condições de uso.
Mantenabilidade	Facilidade de conduzir as atividades de manutenção no produto, sendo um atributo do projeto do produto.
Durabilidade	Vida útil média do produto, considerando os pontos de vista técnico e econômico.
Conformidade	Grau com que o produto encontra-se em conformidade com as especificações de projeto.
Instalação e orientação de uso	Orientações e facilidades disponíveis para conduzir as atividades de instalação e uso do produto.
Assistência técnica	Fatores relativos à qualidade dos serviços de assistência técnica e atendimento ao cliente.
Interface com o usuário	Qualidade do ponto de vista ergonômico, de risco de vida e de comunicação do usuário com o produto.
Interface com o meio ambiente	Impacto no meio ambiente, durante a produção, o uso e o descarte do produto.
Estética	Percepção do usuário sob o produto a partir de seus órgãos sensoriais.
Qualidade percebida e imagem da marca	Percepção do usuário sobre a qualidade do produto a partir da imagem e reputação da marca, bem como sua origem de fabricação.

Fonte: CARPINETTI (2016).

2.1.2. HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DA QUALIDADE

Segundo Garvin (1984) a evolução da qualidade está dividida em 4 etapas denominadas “Eras da qualidade”, as que estão mostradas no quadro abaixo.

Quadro 2.2 – Eras da qualidade.

	Etapa do Movimento da qualidade			
Identificação de características	Inspeção	Controle Estatístico da qualidade	Garantia da qualidade	Gerenciamento estratégico da qualidade
Visão da qualidade	Verificação de um problema a ser resolvido	Controle um problema a ser resolvido	Coordenação de um problema a ser resolvido, mas que seja resolvido pro ativamente.	Impacto estratégico uma oportunidade de concorrência.
Ênfase	Uniformidade do produto	Uniformidade do produto com menos inspeção	Toda a cadeia produtiva, desde o projeto até o mercado.	As necessidades do mercado e do consumidor.
Métodos	Instrumento de medição	Instrumento e técnicas estatísticas	Programas e sistemas.	Planejamento estratégico, estabelecimento de objetivos e mobilização da organização.
Papel dos profissionais da qualidade	Inspeção, classificação, contagem e avaliação	Solução de problemas e a aplicação de métodos estatísticos	Mensuração da qualidade, planejamento da qualidade e projeto de programas.	Estabelecimento de objetivos, educação e treinamento. Trabalho consultivo com outros setores.
Quem é o responsável pela qualidade	Departamento de inspeção	Departamentos de produção e engenharia	Todos os departamentos, embora a alta gerência só se envolva periféricamente com o projeto.	Todos na empresa, com a alta gerência exercendo forte liderança.
Orientação e abordagem	"Inspeciona a qualidade"	"Controla a qualidade"	"Constrói a qualidade"	"Gerencia a qualidade.

Fonte: GARVIN (1992).

Apesar de todas as percepções diferentes apresentadas acima, a qualidade é um conceito de suma importância para qualquer empresa, pois é mediante a sua consideração, seu aprimoramento e sua aplicação contínua que se pode atingir o nível de excelência em quaisquer dos objetivos fixados e atividades executadas (LOUZADA et al., 2013).

Louzada et al. (2013) ainda afirma que cada setor da empresa pode contribuir substancialmente na elevação do nível de qualidade. No caso do marketing, por exemplo, essa contribuição se dá primordialmente através da identificação das necessidades do cliente. No caso da estatística, ela ocorre através do controle estatístico de processos (CEP), um conjunto de métodos utilizados para planejar, monitorar e aprimorar um processo produtivo, por meio da coleta de amostras e, em seguida, da mensuração de uma série de variáveis que refletem a qualidade, referentes a cada produto ou serviço especificamente, diz-se então que se realiza o controle de variáveis do processo.

Junto com isto, a empresa deve buscar se manter em um processo de melhoria contínua. Carpinetti (2016) define melhoria contínua como uma abordagem para melhoria que se caracteriza como um processo de contínuo aperfeiçoamento de produtos e processos na direção de grandes melhorias de desempenho.

Este processo de melhoria envolve basicamente estas 5 etapas, em uma forma cíclica:

1. Identificação dos problemas prioritários;
2. Observação e coleta de dados;
3. Análise e busca das causas raízes;
4. Planejamento e implementação das ações;
5. Verificação dos resultados e padronização.

Para auxiliar o desenvolvimento dessas ações, foram criadas as 7 ferramentas da qualidade, que compreendem:

1. Estratificação;
2. Folha de verificação;
3. Gráfico de Pareto;
4. Diagrama de causa e efeito;
5. Histograma;
6. Diagrama de dispersão;
7. Gráfico de controle.

2.1.3. FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Nesta seção serão explanadas as 7 principais ferramentas da qualidade citadas acima e 2 outras ferramentas que serão necessárias para realização da pesquisa: Diagrama em árvore e Matriz de priorização.

2.1.3.1. ESTRATIFICAÇÃO

A estratificação é uma ferramenta da qualidade que consiste na separação dos dados levantados em grupos distintos, como por exemplo: estratificação por local, estratificação por data, estratificação por turno, estratificação por tipo e assim por diante. A estratificação permite analisar os dados separadamente para descobrir onde realmente está a verdadeira causa de um problema (PEINADO & GRAEML, 2007).

Com a estratificação dos dados, objetiva-se identificar como a variação de cada um desses fatores interfere no resultado do processo ou problema que se deseja investigar (CARPINETTI, 2016).

Abaixo seguem alguns exemplos comuns como fatores de estratificação:

- Condição climática: os efeitos dos problemas são diferentes de manhã, à tarde, à noite?
- Turno de produção: os efeitos são diferentes quando consideramos diferentes turnos de produção?
- Local: os efeitos são diferentes nas diferentes linhas de produção?
- Matéria-prima: são obtidos diferentes resultados dependendo do fornecedor da matéria-prima utilizada?
- Operador: diferentes operadores estão associados a resultados distintos?

2.1.3.2. FOLHA DE VERIFICAÇÃO

A folha de verificação é usada para planejar a coleta de dados a partir das necessidades de análise de dados futuras. Com isso, a coleta de dados é simplificada e organizada, eliminando-se a necessidade de rearranjo posterior dos dados (CARPINETTI, 2016).

Peinado & Graeml (2007) reafirmam a importância da folha de verificação para coleta de dados, como mostrado no quadro abaixo que exemplifica uma folha de verificação.

Quadro 2.3 – Exemplo de uma folha de verificação.

Produto	Semana				Total
	1	2	3	4	
Waffer	100	80	50	40	270
Recheado	50	70	80	100	300
Salgado	50	50	55	45	200
Leite	80	85	79	82	326
Maisena	47	48	50	49	194

Fonte: PEINADO & GRAEML (2007).

No exemplo em questão, pode-se notar pela folha de verificação e coleta dos dados uma tendência de decréscimo da demanda de Waffer, fazendo com que a partir dela se tome atitudes para correção de eventuais problemas que estejam ocasionando esse decréscimo.

2.1.3.3. GRÁFICO DE PARETO

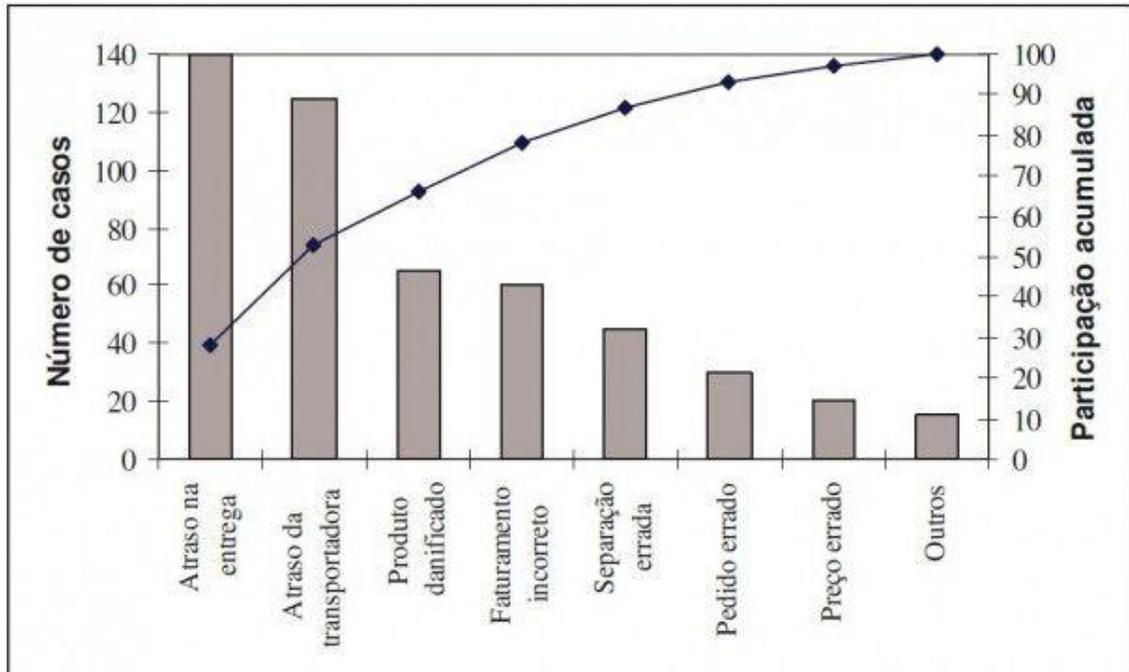
Toda empresa frequentemente se depara com uma série de problemas e todos têm que ser resolvidos. A análise de Pareto é uma das ferramentas que auxilia na determinação das prioridades, ou seja, na ordem de resolução de cada um dos problemas (ABRANTES, 2009). O gráfico de Pareto consiste na distribuição de frequência de dados atributos (ou dados de defeitos), organizados por categorias. Por meio dele, o usuário pode, visual e rapidamente, identificar os tipos de defeitos que ocorrem mais frequentemente (MONTGOMERY, 2004).

Basicamente, o princípio de Pareto foi adaptado aos problemas da qualidade por Juran, a partir da teoria desenvolvida pelo sociólogo e economista italiano Vilfredo Pareto (1843-1923), onde ele estabelece que a maior parte das perdas decorrentes dos problemas relacionados à qualidade é advinda de alguns poucos mas vitais problemas (CARPINETTI, 2016). Pode-se dizer que, caso seja identificado 100 problemas diferentes para algum efeito, buscar a solução para 20% destes problemas já poderá impactar em ao menos 75% de perdas reduzidas.

A análise de Pareto é um gráfico em forma de barras, que mostra de forma visual o impacto de cada um dos eventos que estão sendo estudados. Os eventos com maior participação nos problemas devem ser resolvidos em primeiro lugar (PEINADO & GRAEML, 2007).

Abaixo segue um exemplo de um gráfico de Pareto, mostrando a fácil visualização e interpretação do mesmo.

Figura 2.1 – Exemplo do gráfico de Pareto.



Fonte: PEINADO & GRAEML (2007).

Pode-se observar no exemplo que “Atraso na entrega” e “Atraso na transportadora” representam maior relevância para o *case* em questão, sendo então as causas a serem atacadas com prioridade.

2.1.3.4. DIAGRAMA DE CAUSA E EFEITO (DIAGRAMA DE ISHIKAWA)

O diagrama de causa e efeito é uma ferramenta que foi desenvolvida para representar as relações existentes entre um problema ou efeito indesejável do resultado de um processo e todas as possíveis causas desse problema, atuando como um guia para identificação da causa fundamental para este problema e para determinação das medidas corretivas que deverão ser adotadas (CARPINETTI, 2016).

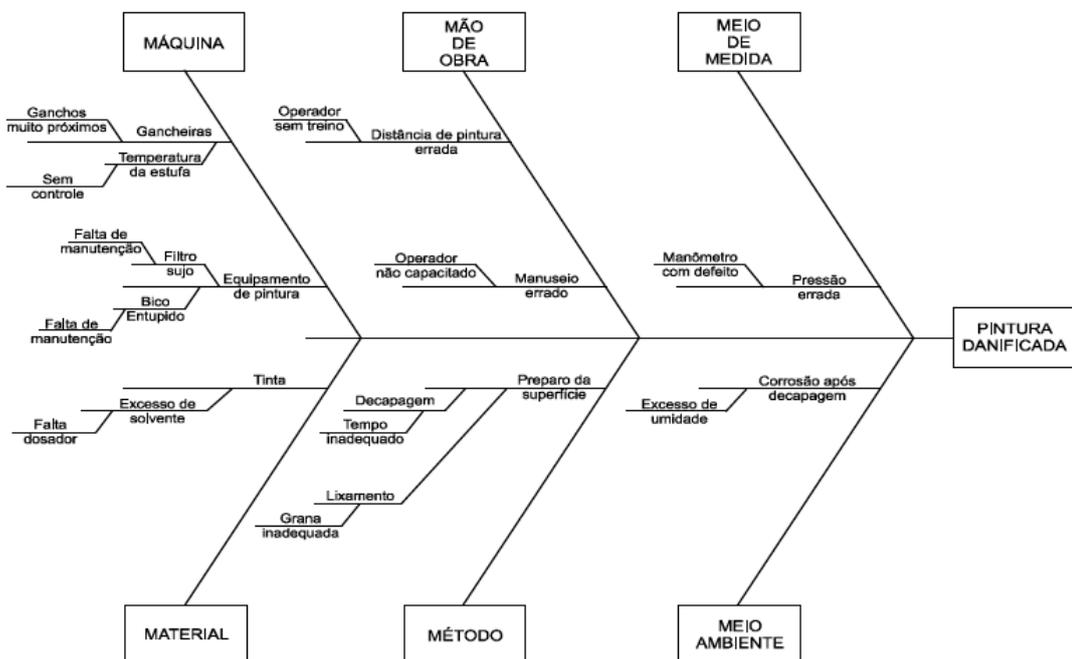
Peinado & Graeml (2007) ressaltam que o diagrama de causa e efeito mostra apenas as possíveis causas de uma determinada ocorrência. Estas possíveis causas representam

hipóteses que precisam ser analisadas e testadas uma a uma, a fim de comprovar sua veracidade e determinar o grau de influência ou impacto sobre a situação em análise.

Basicamente pode-se afirmar que o diagrama de causa e efeito apenas levantam todas as possíveis causas de determinado efeito ou problema, para posteriormente serem feitas as análises estatísticas baseado nas causas levantadas.

O diagrama de causa e efeito também pode ser conhecido como diagrama de espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, devido a seu formato, conforme mostra a figura abaixo.

Figura 2.2 – Modelo de um diagrama de causa e efeito.



Fonte: CORRÊA & CORRÊA (2012).

Observa-se pela figura acima que o diagrama de causa e efeito buscam levantar causas relacionadas aos aspectos de máquina, mão de obra, meio de medida, material, método e meio ambiente relacionados ao problema ou efeito.

2.1.3.5. HISTOGRAMA

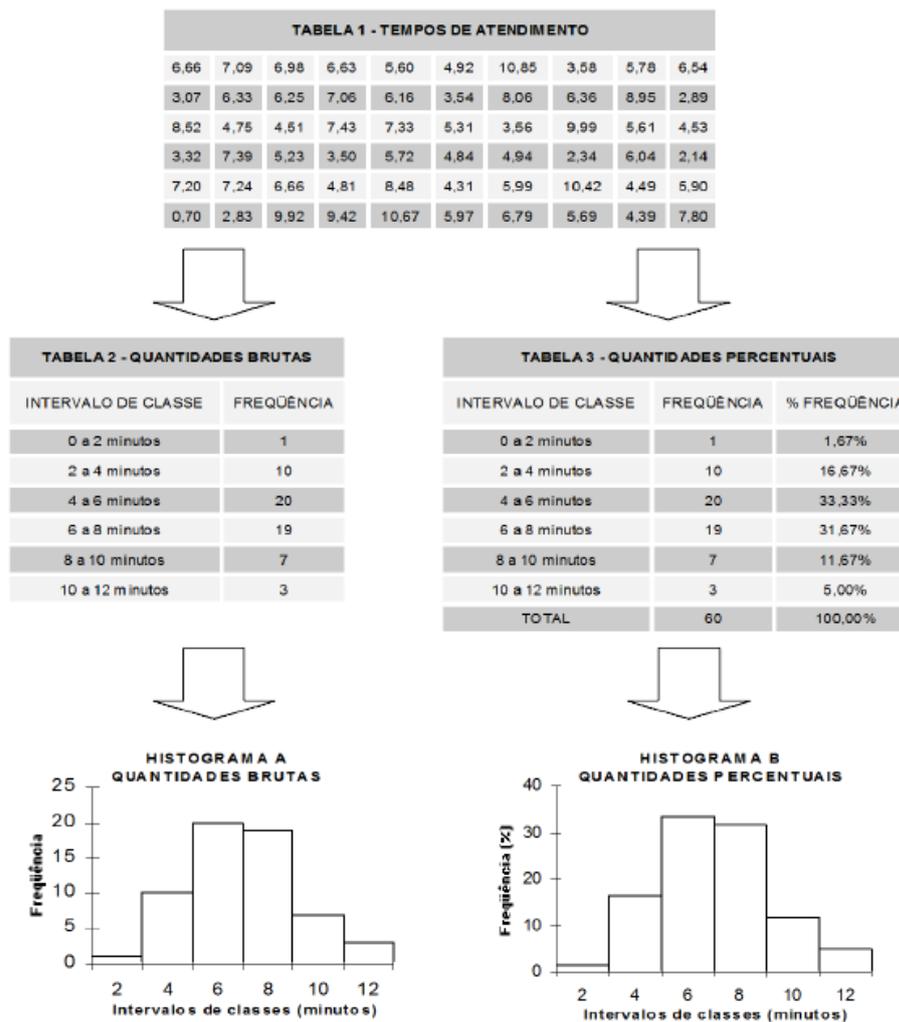
O histograma é um gráfico de barras no qual o eixo horizontal, subdividido em vários pequenos intervalos, apresenta os valores assumidos por uma variável de interesse. Para cada um desses intervalos, é construída uma barra vertical, cuja área deve ser proporcional ao

número de observações na amostra cujos valores pertencem ao intervalo correspondente (CARPINETTI, 2016).

Logo, pode-se dizer que é a partir do histograma que se obtém a visualização da forma de distribuição de um conjunto de dados, assim como a análise de um dado específico comparado à posição dos demais. Essa análise, segundo Carpinetti (2016), permite responder perguntas referentes ao processo em questão como se o processo é capaz de atender às especificações solicitadas, se a média da distribuição das medidas da característica está próxima do centro da faixa de especificação e se é necessário adotar alguma medida para reduzir a variabilidade do processo.

Abaixo segue um exemplo de um histograma, mostrado desde a elaboração da tabela de dados até a montagem do histograma em si.

Figura 2.3 – Modelo de elaboração de um Histograma.



Fonte: CORRÊA & CORRÊA (2012).

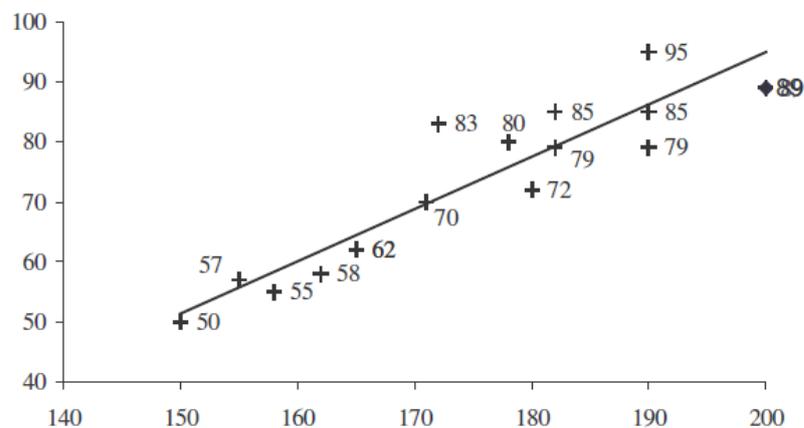
Embora o histograma também se trate de um diagrama que apresente colunas dispostas lado a lado e que essa altura desta coluna seja a frequência de ocorrência de resultados na classe, o Histograma difere do diagrama de Pareto pelo tipo de variável que cada um representa: o Diagrama de Pareto aplica-se a variáveis discretas, apresentando classificações, posicionadas em ordem decrescente, e uma curva de frequência acumulada; já o histograma é normalmente utilizado para variáveis contínuas, sem mudança de posição em função da frequência, uma vez que a posição da classe segue a ordem crescente dos valores da variável resposta (ROTONDARO, 2008).

2.1.3.6. DIAGRAMA DE DISPERSÃO

O diagrama de dispersão é um gráfico utilizado para a visualização do tipo utilizado para visualização do tipo de relacionamento entre duas variáveis. De modo geral, gráficos de dispersão são utilizados para relacionar causa e efeito (CARPINETTI, 2016). Slack et al. (1996) ressalta que apesar de a abordagem deste diagrama ser sofisticada, este tipo de gráfico somente identifica a existência de um relacionamento, não necessariamente uma relação de causa e efeito. Se o diagrama de dispersão mostra uma conexão muito forte entre conjuntos de dados, isto é uma importante evidência de relação de causa e efeito, mas não uma prova positiva. Pode ser apenas uma coincidência.

Abaixo podemos ver um exemplo adaptado de Corrêa & Corrêa (2012), onde mostra um gráfico relacionando a altura (cm) e peso (kg) de uma amostra populacional.

Figura 2.4 – Modelo de um diagrama de dispersão.



Fonte: CORRÊA & CORRÊA (2012).

Ao analisar o diagrama de dispersão, deve-se analisar primeiro a existência de *outliers*. O *outlier* é uma observação extrema, que não é condizente com o restante da massa de dados. Carpinetti(2016) afirma que os *outliers* podem ser decorrentes de registro incorreto de dados, ou presença de algum defeito no instrumento de medição utilizado. Nesses casos, há a necessidade de correção desses dados, e quando isso não for possível, devem ser eliminados dos conjuntos de dados.

Por outro lado, os *outliers* também podem representar observações não usuais, mas perfeitamente plausíveis de ocorrerem na massa de dados. Quando isso acontece, estes dados podem fornecer informações importantes sobre o processo que está sendo analisado, como no caso em que o *outlier* ocorre como resultado da atuação de alguma variável que não está sendo considerada. A identificação de *outliers* e a análise das causas que levaram a seu aparecimento podem resultar em melhorias no processo ou em um novo conhecimento sobre a forma de atuação de fatores cujos efeitos na variável resposta y ainda eram desconhecidos. Por esse motivo, Carpinetti (2016) afirma que os *outliers* devem ser eliminados do conjunto de dados somente quando existir uma forte evidência de que eles resultaram de um erro de registro, de medição, de cálculo, do funcionamento inadequado de algum equipamento ou de outras circunstâncias similares.

Carpinetti (2016) explana que, após a construção do diagrama de dispersão, devemos descobrir o coeficiente de correlação linear “ r ”, para descobrir a intensidade da relação linear em termos quantitativos, tendo que o valor de r varia dentro do intervalo de $-1 \leq r \leq 1$, onde valores de r próximos de 1 indicam uma forte correlação linear positiva entre x e y , quando $|r| = 1$, os pontos estarão sobre uma linha reta, e valores de r próximos de 0 indicam uma fraca correlação.

2.1.3.7. GRÁFICO DE CONTROLE

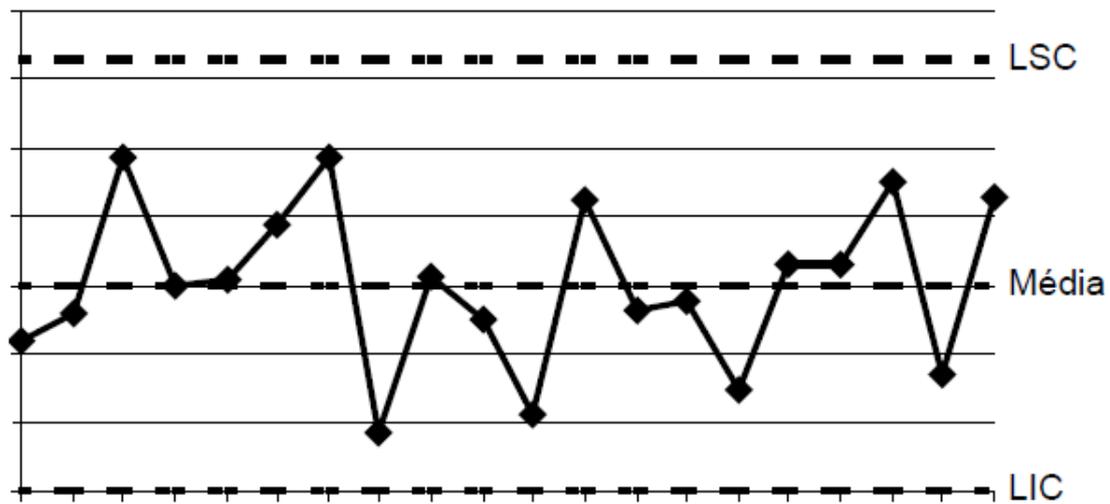
O gráfico de controle foi desenvolvido na década de 1920 pelo Dr. Walter A. Shewart, com a finalidade de controlar a variabilidade de processos. O objetivo do uso de gráficos de controle é garantir que o processo opere na sua melhor condição (CARPINETTI, 2016).

De acordo com Montgomery (2004), um típico gráfico de controle é uma representação gráfica de uma característica da qualidade (variável de estudo) calculada a partir de uma amostra, no eixo das ordenadas (eixo y), *versus* o número da amostra, ou o tempo, no eixo das abcissas (eixo x). O gráfico de controle possui 3 linhas paralelas ao eixo

das abcissas: uma linha central (LC) que representa o valor médio ou esperado da característica da qualidade correspondente ao estado sob controle; e duas linhas horizontais, chamadas de limite inferior de controle (LIC) e limite superior de controle (LSC), ambos calculados a partir do desvio padrão. Estes limites são tais que, para um processo sob controle, todos os pontos devem estar aproximadamente entre eles.

Abaixo vemos um exemplo genérico de gráfico de controle adaptado de Corrêa & Corrêa (2012).

Figura 2.5 – Exemplo genérico de um gráfico de controle.

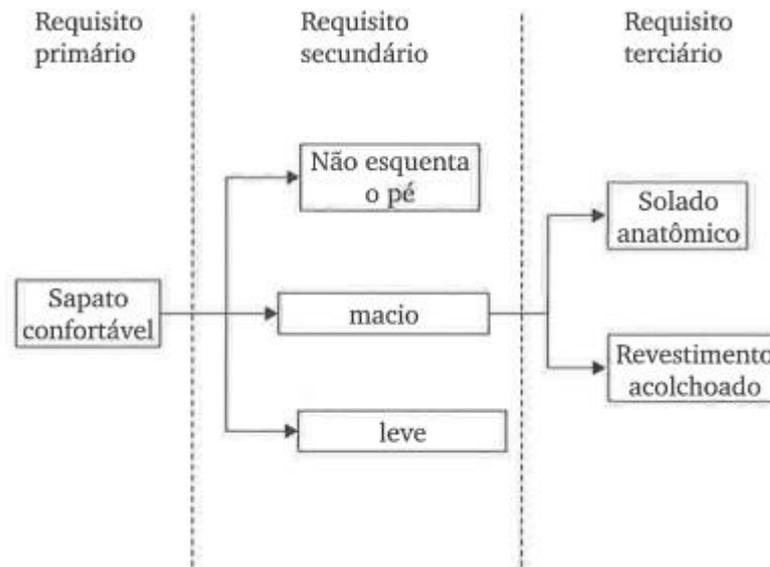


Fonte: CORRÊA & CORRÊA (2012)

2.1.3.8. DIAGRAMA EM ÁRVORE

O diagrama em árvore é uma ferramenta que tem por objetivo o detalhamento ou desdobramento de uma ação ou atributos em níveis hierárquicos. Pode ser usada, por exemplo, para desdobrar os requisitos de um produto ou para desdobrar os objetivos de desempenho por diferentes áreas de uma empresa a partir de um objetivo geral de melhoria (CARPINETTI, 2016).

Figura 2.6 – Exemplo de um diagrama em árvore.



Fonte: CARPINETTI (2016)

2.1.3.9. MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO

A matriz de priorização, como o próprio nome indica, relaciona fatores a critérios de prioridade. Utilizando ela, pode-se priorizar uma lista de ações de melhoria baseada em critérios como redução de custos internos ou podem-se estabelecer prioridades para eliminação ou minimização de um problema ou falha de produto com base em notas atribuídas a critérios como severidade, ocorrência e detecção da falha (CARPINETTI, 2016).

Quadro 2.4 – Exemplo genérico de uma matriz de priorização.

	Grupo B				Prioridade
	Critério 1	Critério 2	Critério 3	...	
Grupo A	Peso 1	Peso 2	Peso 3	...	
Fator 1					
Fator 2					
Fator 3					
Fator 4					
...					

Fonte: CARPINETTI (2016).

2.1.4. PDCA

Neste capítulo, será realizada uma introdução contendo as características gerais do método de melhorias PDCA, desde sua concepção a sua disseminação entre empresas do setor

produtivo, bem como a descrição das etapas do ciclo e as ferramentas da qualidade que são utilizadas em cada etapa.

O conceito do Método de melhorias, conhecido atualmente pela sigla PDCA, foi originalmente desenvolvido na década de 30 pelo estatístico Walter A. Shewart, como sendo um ciclo de controle estatístico do processo, que pode ser repetido continuamente sobre qualquer processo ou problema (ANDRADE, 2003).

Contudo, esse método somente foi popularizado da década de cinquenta pelo especialista em qualidade W. Edwards Deming, ficando mundialmente conhecido ao aplicar este método nos conceitos de qualidade em trabalhos desenvolvidos no Japão. Após refinar o trabalho original de Shewart, Deming desenvolveu o que ele chamou de *Shewart PDCA Cycle* (DEMING, 1990).

O ciclo PDCA de Shewart-Deming, que são as iniciais de *Plan, Do, Check e Act* (Planeje, Faça, Verifique e Aja), é hoje um ícone para os planos de melhoramento contínuo em operações, onde a partir da identificação de um problema ou de uma oportunidade de melhoramento, as fases do PDCA são cumpridas sequencialmente e continuamente (CORRÊA & CORRÊA, 2012).

Corrêa & Corrêa (2012) resume as fases do PDCA da seguinte forma:

Planeje: nesta fase, o processo ou a situação é estudada, identificando os problemas e as formas de resolvê-los. As necessidades e as expectativas dos clientes, tanto internos quanto externos, são consideradas, os objetivos de melhoramento e suas formas de medição são estabelecidas.

Faça: agora o plano deve ser implementado de forma ainda experimental. O melhoramento obtido deve ser medido e os resultados registrados;

Verifique: nesta fase, com base nos resultados experimentais obtidos, o plano definido na primeira fase deve ser avaliado.

Aja: nesta fase, o plano é implementado e passa a fazer parte dos processos normais da operação.

Segundo Campos (1992), o PDCA pode ser desmembrado da seguinte forma:

Quadro 2.5 – Ciclo PDCA

PDCA			
		Etapa	Ferramentas
P	1	Identificação do Problema	Estratificação, Diagrama de Ishikawa, Gráfico de Pareto, Análise das causas raízes, Elaboração de planos de ação.
	2	Reconhecimento das características do problema	
	3	Descoberta das causas principais	
	4	Contramedidas às causas principais	
D	5	Atuação de acordo com os planos de ação	Executar os planos de ação.
C	6	Confirmação da efetividade das ações	Refazer o gráfico de Pareto e analisar a efetividade das ações.
A	7	Eliminação definitiva das causas	Padronização.
	8	Revisão das atividades e planejamento para um trabalho futuro	

Fonte: CAMPOS (1992)

Segundo Slack et al. (1996), a natureza repetida e cíclica do melhoramento contínuo pode ser resumida no ciclo PDCA, definido como uma sequência de atividades que são percorridas de maneira cíclica para melhorar a atividade. A aplicação contínua do ciclo PDCA permite um real aproveitamento dos processos gerados na empresa, visando a redução de custos e o aumento da produtividade.

A utilização do ciclo PDCA envolve várias possibilidades, podendo então ser utilizado para o esclarecimento de metas de melhoria providas da alta administração, ou também com pessoas diretamente ligada ao setor operacional, com o objetivo de coordenar esforços de melhoria contínua (ANDRADE, 2003).

2.1. RESUMO DAS FÓRMULAS E CONCEITOS UTILIZADOS DENTRO DE UMA USINA SUCROALCOOLEIRA

Segundo ALMEIDA (2014), temos que:

A = Produção de açúcar no período considerado em sacos de 50 kg;

%PC = Teor de sacarose aparente na cana;

%PRZc = Pureza da cana;

%FC = Teor de Fibra da cana;

%UC = Teor de Umidade da cana;

L = Litros de Etanol convertidos a 100° INPM a 20°C;

Moagem = Quantidade de cana processada no período em ton;

%ARC = Açúcares redutores presentes na cana e possíveis de serem transformados em etanol.

%ARTc = Açúcares redutores totais fermentescíveis presentes na cana, isto é, possíveis de se transformarem em etanol. É a Pol convertida em AR mais os ARC's presentes na cana. Tem-se que:

$$\%ARTc = \frac{\%PC}{0,95} + \%ARC$$

Tem-se que, os mesmos cálculos válidos para cana são válidos para cálculo de rendimentos com a quantidade de bagaço. O método para cálculo do peso do bagaço residual estimado pode ser descrito como, segundo ALMEIDA (2014):

$$Bagaço = \frac{\%FC}{\%FB} \times Moagem$$

ALMEIDA (2014) afirma que a cana de açúcar tem a seguinte relação:

$$\%UC + \%FC + \left(\frac{\%PC}{\%PRZc} \right) = 100\%$$

Logo, tem-se que:

$$\%UB + \%FB + \left(\frac{\%PB}{\%PRZb} \right) = 100\%$$

Por esta constatação, afirma-se que a mesma relação na entrada da matéria-prima é a relação na saída (B = Bagaço residual do processo de extração).

2.2. PRODUTIVIDADE

O conceito produtividade foi introduzido e desenvolvido nas organizações com o intuito de avaliar e melhorar o desempenho delas. Inicialmente, a produtividade era calculada pela razão entre o resultado da produção e o número de empregados. Por um longo período, esta fórmula representou a produtividade da organização. Com ela almejava-se o aumento da produção por empregado utilizado. Outras formas de medir a produtividade surgiram ao longo do tempo, relacionando o resultado da produção com a utilização de outros recursos como, por exemplo, energia, matéria-prima, insumos, entre outros (KING; LIMA; COSTA, 2014).

No passado, segundo CORRÊA & CORRÊA (2012), produtividade era frequentemente expressa como a fração entre as saídas do sistema considerado e o recurso mais escasso (ou mais crítico) de entrada, ignorando, para efeitos práticos, outros recursos (menos escassos ou críticos).

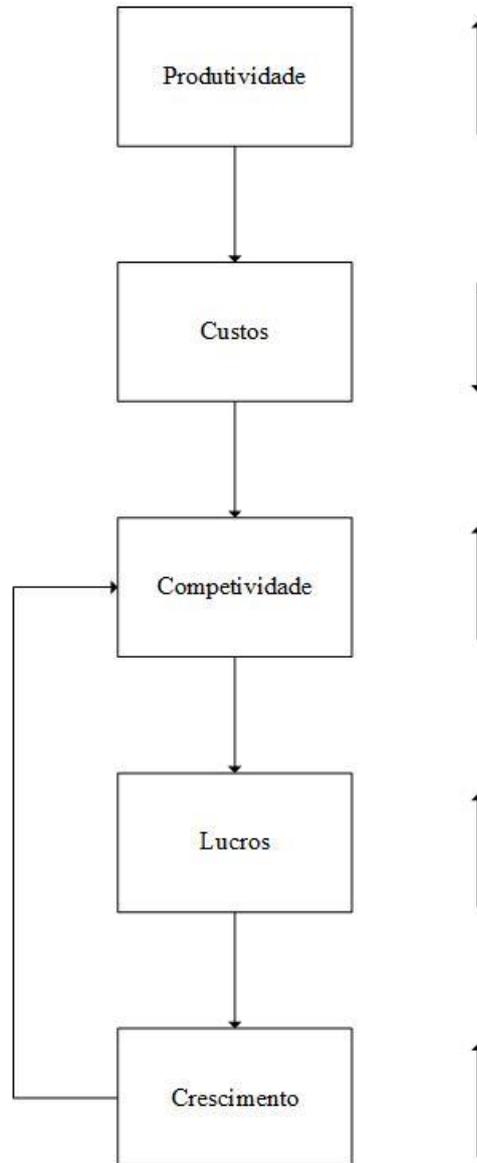
Dado um sistema de produção, no qual insumos são combinados para fornecer uma saída, a produtividade refere-se ao maior ou menor aproveitamento dos recursos nesse processo de produção, ou seja, diz respeito a quanto se pode produzir partindo de uma certa quantidade de recursos (MOREIRA, 2012).

Segundo CORRÊA & CORRÊA (2012), a avaliação da produtividade tem sido extensivamente usada por economistas, engenheiros, gestores e outros profissionais dada sua grande importância, como a geração otimizada de lucro com uma utilização otimizada de recursos (investimento). O objetivo principal de se estabelecer um sistema de medição de produtividade para uma determinada atividade é prover a informação necessária para melhorar a produtividade, a alocação de pessoas e a performance do trabalho. Torna-se importante monitorar os resultados correntes, compará-los com valores históricos, medir o desempenho dos operadores, monitorar os progressos obtidos e até mesmo auxiliar o processo de avaliação de empregados (ARAÚJO, 1997).

Basicamente, quando aumentada a produtividade, obtém-se uma diminuição nos custos de produção, justamente devido ao fato de que cada unidade de produto será

conseguida com uma utilização de menos recursos, fator no qual afeta diretamente nos custos industriais (MOREIRA, 2012). Abaixo temos um exemplo de como a produtividade acaba impactando no desenvolvimento geral da empresa.

Figura 2.7 – Esquema de desenvolvimento de acordo com a produtividade.



Fonte: MOREIRA (2012).

De maneira condensada, temos que a produtividade em um dado período t define-se como:

$$Prod_t = \frac{Q_t}{I_t}, \text{ onde:}$$

$Prod_t$ = produtividade absoluta no período t ;

Q_t = produção obtida no período t ;

I_t = insumos utilizados no período t .

MOREIRA (2012) ressalta que a produtividade dada pela equação acima citada é dita absoluta e suas unidades de medida derivam diretamente das unidades de medida da produção e dos insumos. Em muitos casos é mais útil apresentar a produtividade por meio de índices, tomados com valor inicial 100 em um dado período base. Dada a produtividade absoluta de um período qualquer, o índice correspondente é dividindo-se a produtividade do período pela produtividade absoluta do período base e multiplicando-se o resultado por 100. Uma das grandes vantagens dos índices é tornar mais claras as comparações da produtividade ao longo do tempo. Pode-se afirmar então, que a equação citada acima é apenas uma fórmula que representa uma família de relações entre produção e insumos.

Tendo isto, para incorporar o cálculo de eficiência da extração do açúcar no caldo da cana-de-açúcar, temos de converter as entradas e saídas em uma mesma unidade. No caso estudado, tanto as entradas quanto as saídas devem ser convertidas para unidade ART. Considerando a dificuldade de mensuração de todo o ART presente no caldo que prosseguiu para o processo, as usinas seguem, segundo o padrão da CONSECANA (2017), o cálculo de eficiência de extração sendo mensurado a quantidade de açúcar residual no bagaço sobre a quantidade de açúcar total que entrou no processo, e posteriormente esta taxa é tirada de 100%. Tem-se então:

$$\%Extração = \left(1 - \left(\frac{Quant. Bagaço \times \%ART Bagaço}{Moagem \times \%ART Cana} \right) \right) * 100$$

onde:

Moagem: Quantidade de cana inserida no processo;

%ART Cana: Quantidade de ART presente na cana;

Quant. Bagaço: Quantidade de bagaço residual no processo de extração;

%ART Bagaço: Quantidade de ART presente no bagaço.

CAPÍTULO 3 – METODOLOGIA

No atual capítulo descrever-se-á a metodologia do trabalho científico, de forma a apresentar a maneira com a qual este estudo será realizado. De forma rápida, pode-se afirmar que o presente trabalho se baseia no método dedutivo, sendo abordado através de principalmente observação do ambiente estudado com o auxílio de uma pesquisa bibliográfica que levantou os pontos presentes no trabalho com a finalidade de se elaborar soluções e planos de ação para o problema encontrado.

3.1. CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Segundo GIL (1994), pode-se classificar a pesquisa das seguintes formas:

Quanto ao ponto de vista de sua natureza, o trabalho é classificado como pesquisa aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos para aplicações práticas dirigindo-se a soluções de problemas específicos.

Quanto ao ponto de vista da forma de abordagem ao problema, classifica-se a pesquisa como quali-quantitativa, pois o trabalho está dividido de forma com que parte da pesquisa seja feita de forma qualitativa com entrevistas e *brainstormings*, onde os dados obtidos nesta etapa foram modelados de forma quantitativa para se obter os resultados finais da pesquisa.

Quanto ao ponto de vista dos objetivos, o trabalho pode ser classificado como uma pesquisa descritiva, pois tem como objetivo descrever as características de certa população e estabelecer relações entre variáveis envolvendo coleta de dados de uma forma padronizada.

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, pode-se classificar a pesquisa como como um estudo de caso, pois envolve um estudo profundo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o amplo e detalhado conhecimento.

Segundo Yin (2001), a adoção do Método do Estudo de Caso é adequada quando são propostas questões de pesquisa do tipo “como” e “por que”, e nas quais o pesquisador tenha baixo controle de uma situação que, por sua natureza, esteja inserida em contextos sociais. Embora o pesquisador utilize um quadro teórico referencial como ponto de partida para utilização do método, alguns estudos organizacionais enquadram-se em situações em que o pesquisador se vê frente a frente com problemas a serem compreendidos e para os quais estudos experimentais não podem ser aplicados; ou em situações nas quais estudos de

natureza predominantemente quantitativa não dão conta dos fenômenos sociais complexos que estejam envolvidos nas mesmas.

3.2. METODOLOGIA

A pesquisa foi feita em uma usina sucroalcooleira na região de Dourados – MS, durante o período de 1 ano, onde observou-se o processo de extração de açúcar, e os impactos gerados pela variabilidade da matéria prima no processo, resultando em perda de eficiência do processo de extração, onde acaba impactando diretamente na produtividade geral da empresa.

Foram analisados os dados referentes a resultados acumulados mensais com o objetivo de se obter correlações entre as variáveis, tendo em vista os impactos gerados pela quantidade de impurezas vegetais na matéria prima inserida no processo, e no que isso resultaria em resultado para empresa.

Basicamente, o trabalho seguiu a etapa “P” do ciclo PDCA para elaboração dos resultados deste trabalho, sendo o mesmo dividido da seguinte forma:

1. Identificação do problema: etapa na qual se investigou as causas do problema, buscando entender de forma ampla o escopo do problema e os indicadores estatísticos do problema.
2. Análise do fenômeno: etapa onde identificou-se os pontos do processo onde o problema acaba tendo um impacto maior, baseado em um histórico quantitativo.
3. Análise da causa: etapa onde buscou-se descobrir as causas fundamentais do problema em um âmbito industrial, tendo como objetivo um esclarecimento sobre os impactos deste problema e a proporção dos mesmos.
4. Elaboração dos planos de ação.

3.3. TÉCNICA DE COLETA DE DADOS E ANÁLISE INTERPRETATIVA DOS DADOS

Para GIL (2010), o principal foco da coleta de dados em um estudo de caso é a adoção de técnicas de coleta do tipo entrevistas, fontes documentais e observação direta. Como o objetivo deste trabalho envolve observar o rendimento industrial, o principal meio utilizado foram observação direta do processo e parâmetros operacionais, com a finalidade de se

compreender o processo. A coleta de dados estatísticos foi feita por meio de planilhas de controle, onde foram registrados os dados das análises do laboratório, local onde se realizava análises de desempenho do processo. As entrevistas foram realizadas durante o acompanhamento do processo com supervisores e operadores, com a finalidade de se levantar várias possibilidades de estudo referentes ao processo.

Inicialmente, se fez necessário um levantamento bibliográfico envolvendo uma contextualização sobre a gestão da qualidade, envolvendo desde o histórico até a abordagem dos autores referente ao assunto, uma descrição da aplicação das ferramentas da qualidade, sobre as fórmulas de cálculo referentes ao processo estudado, e uma contextualização da produtividade e como é calculada a eficiência de extração de açúcar da cana-de-açúcar.

Após os dados serem coletados, foram organizados e analisados de forma sequencial, respeitando os passos da etapa PLAN do PDCA, onde pôde ser analisado os impactos das características da matéria/operação no processo e onde acabaria impactando no índice de extração.

CAPÍTULO 4 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

No presente capítulo será apresentado primeiramente a descrição do processo de recepção, preparo e extração (R.P.E.) observado durante o período de estágio dentro da usina analisada. Posteriormente será transpassado os resultados provenientes da metodologia proposta e os planos de ação gerados para o combate contra os impactos destes resultados.

4.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE RECEPÇÃO, PREPARO E EXTRAÇÃO

4.1.1. RECEPÇÃO E PREPARO DA CANA

Atualmente, a recepção e preparo da cana se dá em 4 etapas: pesagem da cana, amostragem, recepção e preparo.

4.1.1.1. PESAGEM DA CANA

Os veículos rodoviários transportadores de cana (caminhões/carretas) são pesados na entrada e na saída da usina para obter o peso real da cana recebida. A pesagem é feita na balança rodoviária equipadas com células de carga cujos dados eletrônicos são armazenados e repassados para as áreas agrícola, industrial e administrativa. Este peso permite o controle agrícola e o controle industrial da quantidade de cana recebida. A balança pode ser equipada com sistema de cancela para controle da chegada e liberação do veículo a ser pesado.

4.1.1.2. AMOSTRAGEM DA CANA

Os veículos de cana serão amostrados em amostrador vertical inclinado e as amostras serão encaminhadas ao laboratório específico para análise da cana, onde serão obtidos os teores de açúcares, umidade, fibras e impurezas. Esses dados serão usados para efetuar o pagamento de cana, cálculos do processo industrial e da eficiência de recuperação industrial de açúcar. O tomador de amostras está equipado com sistema supervisor que permite ajuste do posicionamento e profundidade da tomada de amostras. A estação de tomada de amostras deverá estar equipada com sistema de cancela e/ou semáforo que controla a saída do veículo durante a operação.

As amostras serão homogeneizadas em desintegradores apropriados e em seguida obtidas 500g em balança de precisão eletrônica com saída para impressora e/ou registro magnético. A amostra é então prensada em prensa apropriada com pressão de 250 kgf/cm² por tempo de 1 min. O caldo extraído da prensa será então analisado de acordo com as normas estabelecidas pelo Conselho de produtores de cana-de-açúcar, açúcar e etanol do estado de São Paulo (CONSECANA), gerando os indicadores necessários não somente para o cálculo da eficiência de extração, mas para averiguar a qualidade da matéria-prima inserida no processo.

4.1.1.3. RECEPÇÃO DA CANA

A descarga de cana será realizada através de um tombador tipo hilo diretamente sobre a mesa alimentadora. O hilo será operado por meio de cabine situada lateralmente. O operador recebe sinal para descarregamento da cana vindo do operador da mesa ou do operador do supervisor. O sinal recebido pode ser luminoso e/ou sonoro. O hilo é equipado com motorreductor para elevação da carga com velocidade variável controlada por inversor de frequência. Faz parte do conjunto de acionamento do hilo um freio eletromagnético para frenamento da carga e uma chave fim de curso que é ajustada limitando o curso do balanço. Um sistema de recuo do balanço também é controlado pelo operador do hilo na operação de engaste e desengaste dos ganchos do balanço à caçamba do caminhão. A estação de tombamento da cana poderá também estar equipada com sistema de cancela e/ou semáforo que controla a saída do veículo durante a operação.

A mesa alimentadora que recebe a carga de cana, descarregada pelo hilo, faz a dosagem na esteira de cana metálica. A mesa possui conjunto de acionamento por meio de motorredutores e inversores de frequência e para visualização no interior da mesa.

Na transição de descarga da cana entre a mesa e a esteira de cana metálica estão instaladas as câmaras de palha do sistema de limpeza de cana a sec. A separação de palha e impurezas minerais da cana é feita por meio de ventiladores e as câmaras de captação. As impurezas minerais retiradas na mesa são conduzidas por condutores de borracha e recolhidas em uma moega e deverão retornar para o campo por meio de caminhões basculantes. As impurezas vegetais retiradas pelos ventiladores são conduzidas por condutores de borracha para um sistema de desfibramento para, posteriormente, a palha ser incorporada ao bagaço que queima na caldeira.

Na figura 4.1 tem-se uma foto do processo de recepção dentro de uma usina.

Figura 4.1 - Recepção de cana.



Fonte: Autor.

4.1.1.4. PREPARO DA CANA

A cana recebida da mesa alimentadora é transportada para o setor de preparo através da esteira metálica de cana. Nela está instalado o desfibrador de cana, que tem a finalidade de preparar a cana com base no desfibramento da mesma. A esteira é do tipo de taliscas metálicas com acionamentos por meio de motor com inversor de frequência e redutor de velocidade.

A cana passa primeiramente por um desfibrador. O desfibrador é equipado com placa desfibradora e tambor alimentador, acionado por moto redutor. Os acionamentos do desfibrador são feitos através de 2 motores elétricos de partida com inversores de frequência e redutores de velocidades.

Na cabeça da esteira de cana está instalado um espalhador acionado por moto-redutor, cuja função é uniformizar o colchão de cana oriundo do desfibrador e promover um colchão bastante regular na esteira de cana desfibrada.

A cana assim preparada é então transferida para um transportador de borracha de alta velocidade acionado por moto-redutor com inversor de frequência. Neste transportador está instalado um eletroímã móvel para remoção das impurezas metálicas que possam acompanhar a cana de forma a proteger os demais equipamentos mecânicos de eventuais acidentes.

Nas figuras 4.2 e 4.3, tem-se exemplos de um sistema apresentado neste tópico.

Figura 4.2 – Preparo de cana.



Fonte: Autor.

Figura 4.3 – Desfibrador de um preparo.



Fonte: Autor.

4.1.2. EXTRAÇÃO

A cana desfibrada é distribuída ao longo da largura do difusor através de uma esteira de alimentação transversal. A cana no difusor é transportada por meio de uma série de telas móveis em chapas perfuradas por um total de 14 estágios (DJ e 1 ao 13), recebe água de embebição e caldo prensado provenientes das calhas de distribuição. O caldo percolado pelo colchão de cana é coletado em uma série de captadores situados sob o difusor e bombeados para o estágio precedente promovendo embebição do colchão de cana em contracorrente ao movimento do colchão de cana. O caldo dos estágios 1 e 2 são aquecidos externamente por um conjunto de aquecedores a uma temperatura de 90° C. O caldo aquecido é então reintroduzido no difusor na entrada da cana. Três estágios de roscas promovem a descompactação do colchão favorecendo a percolação. Vapor vegetal de baixa pressão é também introduzido ao longo do difusor nos estágios 4, 6, 9, 11 e 12 para manter a temperatura interna ao redor de 80° C. O caldo extraído pelo meio de difusão e lixiviação do primeiro estágio é recalado para uma peneira rotativa e em seguida transferido para um

tanque de caldo peneirado, para então seguir para o processo de produção de etanol. Na parte traseira do difusor está instalado um rolo desaguador que faz o pré-desaguamento do bagaço antes de ser transportado para os ternos de secagem. O bagaço encharcado na saída do difusor, chamado de megaço, é descarregado na esteira à saída do difusor através de um descarregador rotativo.

Na figura 4.4 têm-se uma foto de como é montada a estrutura de um difusor modular.

Figura 4.4 – Difusor de cana



Fonte: Autor.

4.1.3. SECAGEM

Na saída do difusor está instalada uma esteira acionada por moto-redutor com inversor de frequência. Esta esteira recebe o megaço do difusor e transfere para uma esteira de tipo arraste de alimentação do terno desaguador e posteriormente para outra esteira de tipo arraste que alimenta o terno secador.

O terno desaguador é composto por 03 rolos, sendo que o rolo superior recebe carga hidráulica fornecida por um sistema de acumuladores hidropneumáticos. A pressão do óleo nos cabeçotes hidráulicos é obtida através de transmissores de pressão. O recalque de óleo para calibração dos acumuladores é feito pela unidade hidráulica de pressão. Os sistemas de lubrificação e de refrigeração fazem a lubrificação a óleo e refrigeração a água dos mancais do terno desaguador. O sistema de refrigeração também faz a refrigeração a água nas unidades dos motores hidráulico. O acionamento do terno desaguador é realizado por meio de um motor hidráulico. O acionamento é feito através do rolo superior e os demais rolos são

movidos através de rodetes. No rolo superior do terno desaguador estão instalados transmissores de posição, cuja finalidade é medir a flutuação deste rolo, a qual varia em função da carga de megaço sobre a moenda. O nível de flutuação no rolo superior faz o controle da velocidade do motor de acionamento do terno desaguador. No caso de flutuação menor que o set point estabelecido, o terno desaguador deve ter a velocidade reduzida. No caso de flutuação maior que o set point estabelecido, o terno desaguador deve ter a velocidade aumentada. No chute Donelly do terno desaguador estão instalados sensores de nível, cujo a finalidade é ajustar a velocidade do terno conforme o nível no mesmo. No caso de nível muito alto no Donelly, indicado por estes sensores, a esteira de alimentação do terno desaguador deve parar. No caso de nível zero de megaço no chute Donelly, a rotação do terno deve ser levada para o mínimo valor pré-estabelecido.

O terno secador é composto de 04 rolos sendo que o rolo superior recebe carga hidráulica fornecida por um sistema de acumuladores hidropneumáticos. A pressão do óleo nos cabeçotes é obtida através dos transmissores de pressão. O recalque de óleo para calibração dos acumuladores é feito pela unidade hidráulica de pressão. Os sistemas de lubrificação e de refrigeração fazem a lubrificação a óleo e refrigeração a água dos mancais do terno secador. O acionamento do terno secador é realizado por meio de quatro motores hidráulicos sendo dois destes no rolo superior e um motor para cada um dos demais rolos (rolo de entrada e rolo de saída). Na saída do terno desaguador a esteira tipo arraste faz a alimentação do chute Donelly do terno secador. No rolo superior do terno secador também estão instalados transmissores de posição, cuja finalidade é medir a flutuação deste rolo, a qual varia em função da carga de megaço sobre a moenda. O nível de flutuação no rolo superior faz o controle da velocidade dos motores de acionamento do terno. No caso de flutuação menor que o set point estabelecido, o terno secador deve ter a velocidade reduzida. No caso de flutuação maior que o set point estabelecido, o terno secador deve ter a velocidade aumentada. No chute Donelly do terno secador também estão instalados sensores. No caso de nível muito alto no Donelly, indicado por estes sensores, a esteira de alimentação do terno secador deve parar. No caso de nível zero de megaço no chute Donelly, a rotação do terno deve ser levada para o mínimo valor pré-estabelecido.

Vale ressaltar que o processo de secagem contribui também para eficiência de extração, pois é nesta etapa do processo que é extraído o açúcar residual do difusor, aumentando então a eficiência do processo.

O bagaço então segue para caldeira para queima do mesmo com a finalidade de se obter geração de energia.

São coletadas amostras compostas de 4 horas de bagaço 2 vezes por turno (empresa funciona em 3 turnos de 8 horas), ou seja, a cada 4 horas do dia são feitas análises dos indicadores de desempenho para cálculo da eficiência de extração.

Na figura 4.5, segue fotos de ternos de moendas.

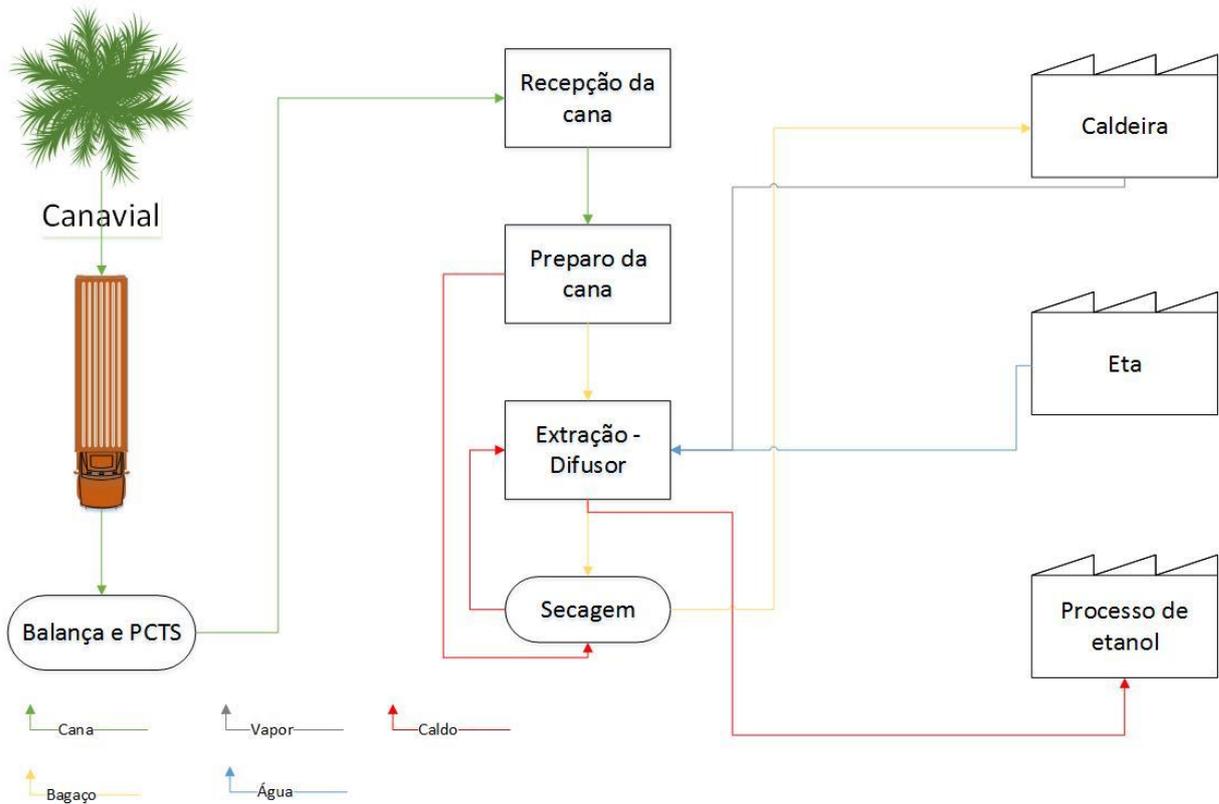
Figura 4.5 – Ternos de moendas.



Fonte: Autor.

Na figura 4.6 é apresentado em fluxograma o processo de extração explanado neste tópico.

Figura 4.6 – Fluxograma do processo de extração.



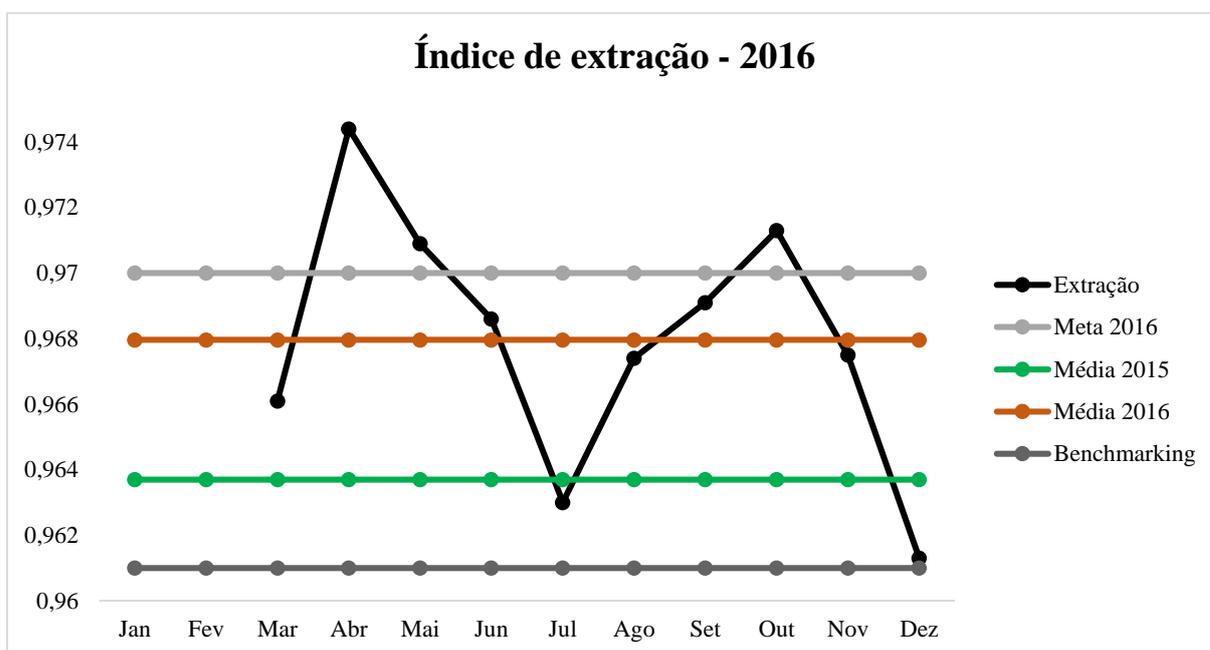
Fonte: Autor.

4.2. RESULTADOS OBTIDOS

Nesta seção, serão apresentados os dados coletados e o cumprimento dos objetivos desta pesquisa.

Primeiramente, foi coletado dados referentes ao histórico de acumulados mensais do índice de eficiência do processo de extração referentes ao ano de 2016, o benchmarking médio de empresas da região, o índice de extração acumulado da safra anterior (2015) da empresa e a linha média do índice. Posteriormente, os dados foram condensados e agrupados em um gráfico de controle, conforme mostrado na figura abaixo.

Figura 4.7 – Índice de extração (2016).



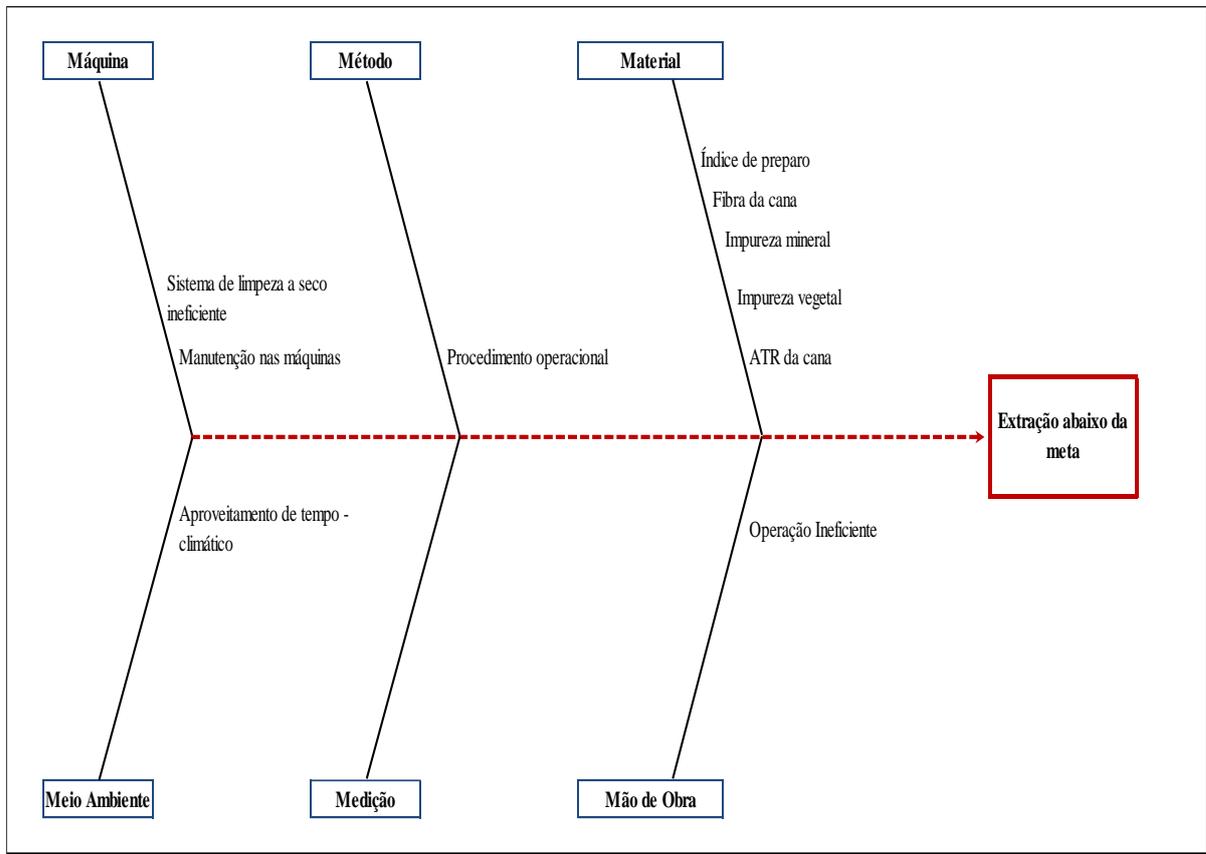
Fonte: Autor.

Observa-se pelo gráfico que, embora o percentual médio tenha aumentado do ano de 2015 para o ano de 2016, a empresa ainda mantém um déficit de 0,2% da meta. Fato este que implica em um impacto na receita de venda de aproximadamente R\$ 294.400,00 na safra, considerando uma capacidade efetiva de moagem de cana de 1.200.000 ton de cana com 13% de açúcar e um índice total de produtividade de 88%. Considerou-se também para esta estimativa o fator de conversão de açúcar para etanol de 1 kg de açúcar para 0,5957ml de Etanol (já descontado um rendimento de fermentação com 92%, índice este fornecido pela empresa).

Observa-se também, que embora o índice de extração esteja abaixo da meta, ele ainda está 0,7% acima do benchmarking realizado com usinas próximas. Um dos fatos que pode influenciar nesta constatação é o uso do difusor como meio de extração do açúcar, que, pelo uso de alta temperatura e ciclos de embebição do caldo no bagaço, provém de um sistema mais eficiente para o processo. Das 7 empresas que se teve conversas para realização do benchmarking, apenas 2 utilizam o difusor como meio de extração.

Tendo estes dados, foi realizado diversos *brainstormings* com a equipe e liderança do setor de extração da empresa, levantando fatores que possam vir a influenciar no índice de extração. Os fatores foram levantados de forma que pudessem ser classificados de acordo com o diagrama de Ishikawa, conforme mostrado na figura abaixo.

Figura 4.8 – Diagrama de Ishikawa.



Fonte: Autor.

Conforme apresentado no diagrama acima, nota-se a grande dependência da qualidade da matéria-prima para o processamento eficiente da cana-de-açúcar, sendo esta característica responsável por 50% dos fatores levantados. Observa-se também, inserido no contexto de matéria-prima, a dependência do índice de preparo (índice de abertura das células da sacarose) para a extração, sendo esta a característica mensurável do processo de desfibramento da cana. Para extração do açúcar por difusão, estima-se que o índice de preparo ideal seria entre 88% e 92% devido às características que o preparo pode alterar na cana. Visualmente, foi observado que abaixo de 88%, a cana não atinge uma boa abertura das células e adquire uma fibra mais longa, impossibilitando a extração do açúcar já que as células não foram quebradas e, acima de 92%, a cana adquire uma fibra mais fina, dificultando a percolação do caldo, fazendo com que o sistema de embebição cíclica se torne falho.

Tendo os fatores, foi montada uma matriz de priorização e um gráfico comparando o esforço para minimizar ou eliminar tais efeitos com os impactos gerados pelos mesmos. Na matriz, foram atribuídos os seguintes critérios para avaliação: produtividade, qualidade,

segurança e manutenção. Para estes critérios, foram atribuídos nos *brainstormings* os seguintes pesos de importância: peso 10 para produtividade, peso 10 para qualidade, peso 7 para segurança e peso 9 para manutenção. Para cada fator, foram atribuídas notas para cada critério, da seguinte forma: nota 9 para alta correlação, nota 3 para média correlação, nota 1 para baixa correlação e nota 0 se não há correlação. Depois das notas atribuídas, foi somado a nota total do impacto de cada fator levando em consideração o peso de cada critério avaliado. Também na matriz, foram atribuídas notas para os esforços de eliminação ou minimização dos impactos dos fatores, sendo estas notas classificadas da seguinte forma: nota de 1 a 4 se o esforço fosse baixo, e nota de 6 a 9 se o esforço fosse alto.

Depois, com as notas totais e os esforços quantificados, elaborou-se o gráfico de esforço vs. Impacto, onde separou-se a área do gráfico em 4 quadrantes: Quadrante baixo impacto com alto esforço, que são os fatores que não devem ser levados em considerações pois o esforço para amenizar é alto para um impacto baixo, quadrante alto impacto e alto esforço, onde ficam os fatores que devem ser revisados, pois necessitam de um alto esforço para serem amenizados, quadrante baixo impacto e baixo esforço, onde ficam os fatores que podem ser executados porém não necessitam de prioridade e o quadrante alto impacto com baixo esforço, que devem ser as prioridades para ataque nas causas raízes do problema.

O gráfico foi elaborado de forma que no eixo vertical fossem alocadas as variáveis do esforço, levando em consideração de 1 a 4 quando baixo, e de 6 a 9 quando alto. As notas 0, 5 e 10 não foram levadas em consideração devido ao fato de que os fatores poderiam ficar sobrepostos à linha de divisão dos quadrantes, não permitindo uma avaliação do esforço dos mesmos. Na linha horizontal do gráfico são alocados os valores referentes as notas dos impactos gerados, feito um rateio de forma que o maior número fosse no máximo 100, onde pegou-se nota de cada fator e multiplicou-se por 100, e depois o resultado foi dividido pela maior nota entre os fatores acrescentado de 2, tendo o impacto parcial para ser utilizado no gráfico, rateando todas as notas em função de um intervalo de 0 a 100.

Sendo assim, o eixo vertical (da origem até a extremidade) varia de 0 a 10, e o eixo horizontal (da origem até a extremidade) varia de 100 a 0.

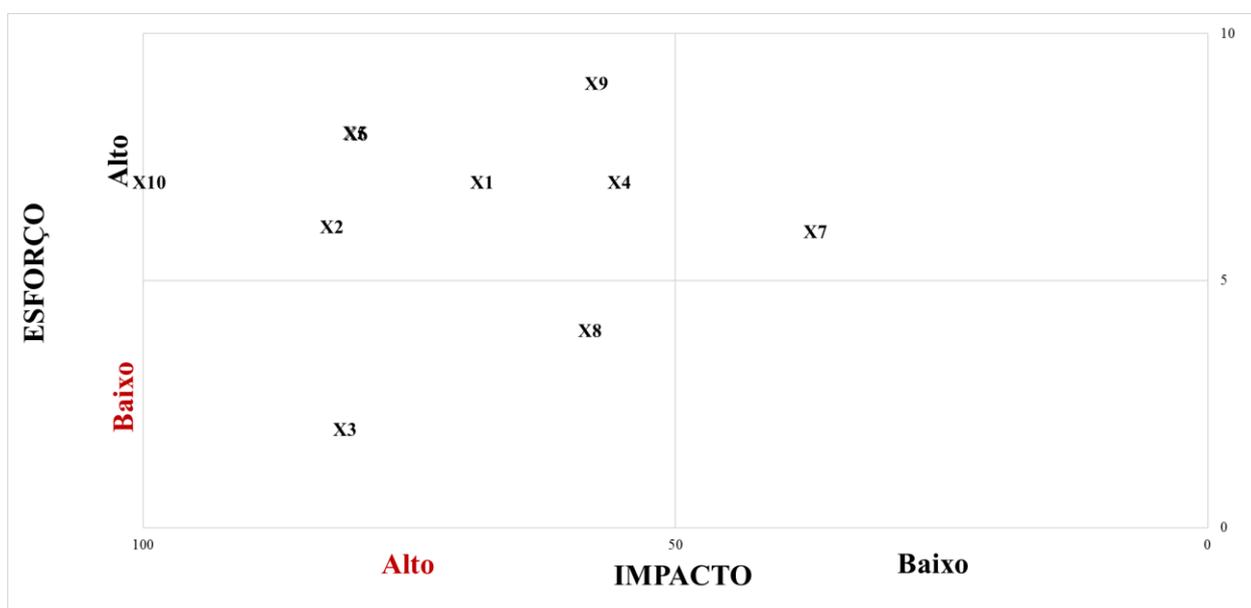
Abaixo seguem a matriz e o gráfico para priorização.

Quadro 4.1. – Matriz de priorização.

		9 : Forte Correlação		3 : Média Correlação		1 : Baixa Correlação		0 : Não há correlação		
		Peso dos critérios		10	10	7	9			
Fatores levantados no diagrama de ishikawa		Produtividade	Qualidade	Segurança	Manutenção	TOTAL	Esforço de Eliminação ou Minimizar Causa		Alto (6 a 9)	Baixo (1 a 4)
X1	Manutenção nas máquinas	9	3	3	9	222			7	
X2	Sistema de limpeza a seco ineficiente	9	9	1	9	268			6	
X3	Procedimento operacional	3	9	9	9	264			2	
X4	ATR da cana	9	9	0	0	180			7	
X5	Impureza vegetal	9	9	0	9	261			8	
X6	Impureza mineral	9	9	0	9	261			8	
X7	Fibra da cana	3	9	0	0	120			6	
X8	Índice de preparo	9	9	0	1	189			4	
X9	Aproveitamento de tempo - climático	9	9	1	0	187			9	
X10	Operação Ineficiente	9	9	9	9	324			7	

Fonte: Autor.

Figura 4.9 – Gráfico de priorização.

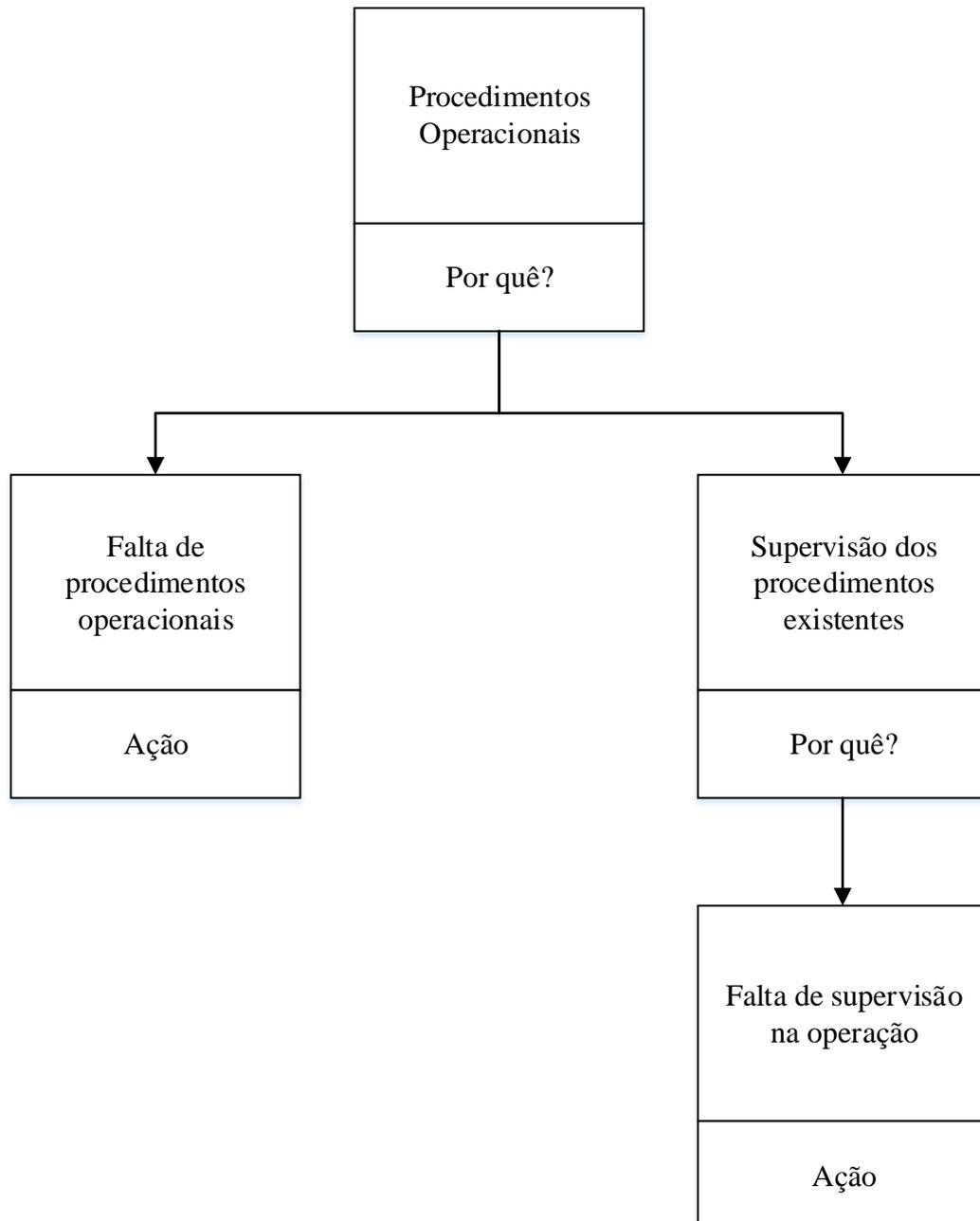


Fonte: Autor.

Nota-se que 2 pontos foram classificados no quadrante de baixo esforço com alto impacto: procedimento operacional e índice de preparo. Tendo isto, foi montado um diagrama em árvore com a finalidade de estratificar as causas raízes dos fatores apresentados acima com a finalidade de se obter propostas de plano de ação de melhoria do processo.

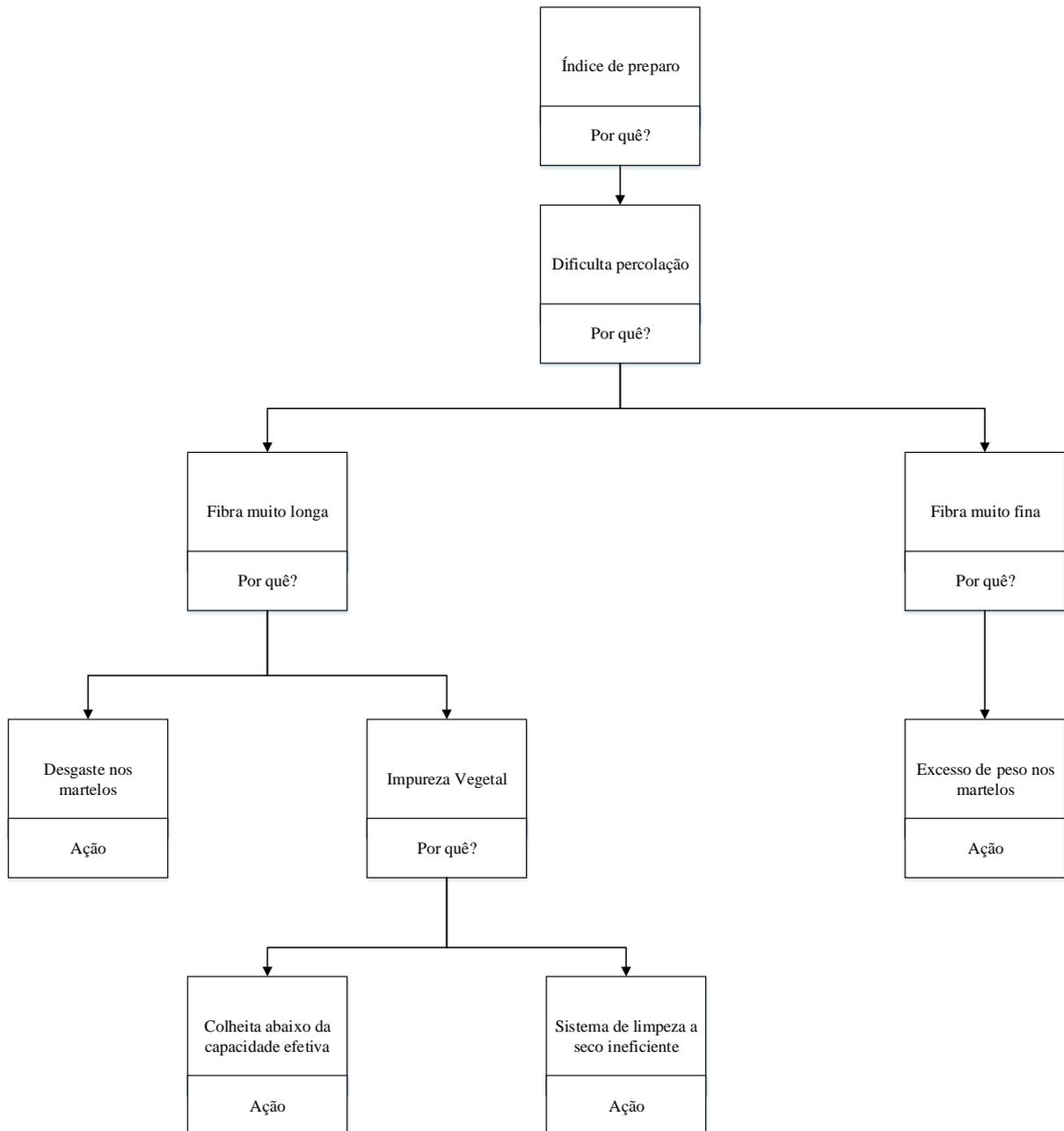
O diagrama foi elaborado pela realização de um *brainstorming* para análise dos resultados da etapa de priorização, tendo como participantes o autor desta pesquisa e a liderança do setor de extração da empresa estudada, e obteve 2 diagramas (um para cada fator resultante da matriz) apresentados abaixo como resultado.

Figura 4.10 – Diagrama em árvore do fator procedimento operacional.



Fonte: Autor.

Figura 4.11 – Diagrama em árvore do fator índice de preparo.



Fonte: Autor.

Montado os diagramas em árvore, observou-se a necessidade de criação de 5 planos de ação para contingência dos fatores estudados, tendo em consideração que 2 deles mostrados nos diagramas são referentes aos martelos do desfibrador, logo foi considerado no *brainstorming* a necessidade de apenas 1 plano de ação para os martelos.

Tendo identificado as causas raízes dos fatores de impacto no processo, foi iniciado o processo de elaboração de planos de ação. Para isto, foram levantadas propostas de melhoria para aplicação no processo objetivando a melhoria no índice de extração.

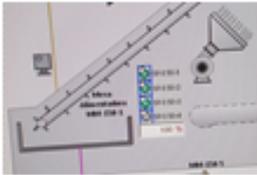
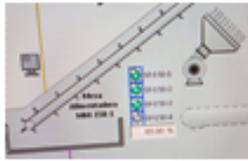
4.2.1 PLANO DE AÇÃO I

O primeiro plano de ação proposto foi para combater a falta de procedimentos operacionais padrão, sendo esta uma das causas raízes encontradas para a problemática em questão. Foi proposto a elaboração de procedimento operacionais padrões (POP), aliando operação junto com segurança, buscando uma forma mais eficaz e segura para realização das atividades.

Procedimento operacional padrão pode ser definido como um documento organizacional que traduz o planejamento do trabalho a ser executado, contendo nele todas as medidas necessárias para a realização de uma tarefa.

Abaixo segue um modelo genérico de um POP.

Figura 4.12 – Modelo genérico de um P.O.P. elaborado na empresa.

POP – Limpeza da rampa de palha		Emitido/Revisado: Leandro Dorneles			POP-XX-XXXX-XX-XXX Ver:00 Data: 05/07/2017 Página: 1
1. O que?	2. Por quê?	3. Quem?	4. Quando?	5. Onde?	
Limpar a rampa de palha.	Evitar acúmulo de palha na rampa.	Operador de extração/Lider	Todo final de turno.	Na rampa de palha.	
6. Como?					
					
Solicitar para que o operador do COI ajuste os ventiladores para 100% por 40 segundos, depois parar os ventiladores.	Com o auxílio de um cabo, empurrar toda a palha da rampa de câmara do sistema. Atenção: empurrar a palha de forma compassada, para evitar de mesma enroscar no triturador.	Quando terminar o serviço, voltar para o chão e solicitar para o operador do COI normalizar o sistema de limpeza à zero.			
Riscos e Controles – Segurança do Trabalho					
Risco: Queda Medida: usar o cinto de segurança. Controle: Usar sempre o cinto de segurança ancorado em 2 pontos de apoio para realizar esta atividade.		Risco: Pano enrolado no braço Quedas de altura. Contato com juguetes. Perfuração acidental, uso de segurete e Refina de granel.	Risco: Enfiado nos aríolos Quedas de altura.		
		Impactos e Controles – Meio Ambiente			
		Impacto: Derrama de resíduos sólidos. Impacto: Alteração da qualidade do ar. Controle: Garantir que toda a palha vá para o sistema.			

Fonte: Autor.

O modelo destes procedimentos operacionais foi fornecido pelo setor responsável pela qualidade e segurança da empresa, sendo este um modelo padrão para todas as unidades da empresa em questão. Neste modelo consta as etapas das atividades, a codificação da POP em questão, a gestão de riscos que devem ser tomadas pela pessoa responsável pela execução

dos procedimentos e o fluxo de informação que deve ser seguido para execução do procedimento.

Para elaboração dos procedimentos operacionais, primeiro fez-se necessário um acompanhamento frequente operacional para então junto com a equipe de extração, elencar operações e áreas críticas do processo e que se fazem necessárias padronização de procedimentos. Um senso comum entre a equipe é a necessidade de procedimentos de partida de planta, estratificada entre os setores internos da extração (Recepção, Preparo, Extração e Secagem), tendo em vista a importância de uma partida eficiente para o processo e nos impactos do funcionamento dos equipamentos para o fluxo da matéria-prima.

4.2.2 PLANO DE AÇÃO II

O segundo plano de ação proposto foi referente à causa “Falta de supervisão na operação”. Para este, foi atualizado o layout da folha de parâmetros de controles operacionais que fica situada na sala do supervisório, onde os operadores utilizam da automação para partida e operação da planta. O operador em questão preenche esta folha durante todo o turno com intervalos de 1 hora, com a finalidade de registrar características da matéria durante o processo de extração. O preenchimento desta folha permite com que o supervisor possa vir a fazer um acompanhamento mais amplo do processo, observando então tendências e podendo gerar planos de ação de curto prazo para otimizar a eficiência do processo.

Esta folha, quando preenchida, fornece as seguintes informações: Moagem horaria (ton), fibra da cana (%), embebição média (m³/h), pol do bagaço (%), umidade do bagaço (%), brix da cana (%), brix do caldo misto (%), índice de preparo (%), temperatura do caldo dos aquecedores (°C), temperatura interna dos captadores (°C) e temperatura média de embebição (%).

O modelo da folha pode ser encontrado no apêndice A.

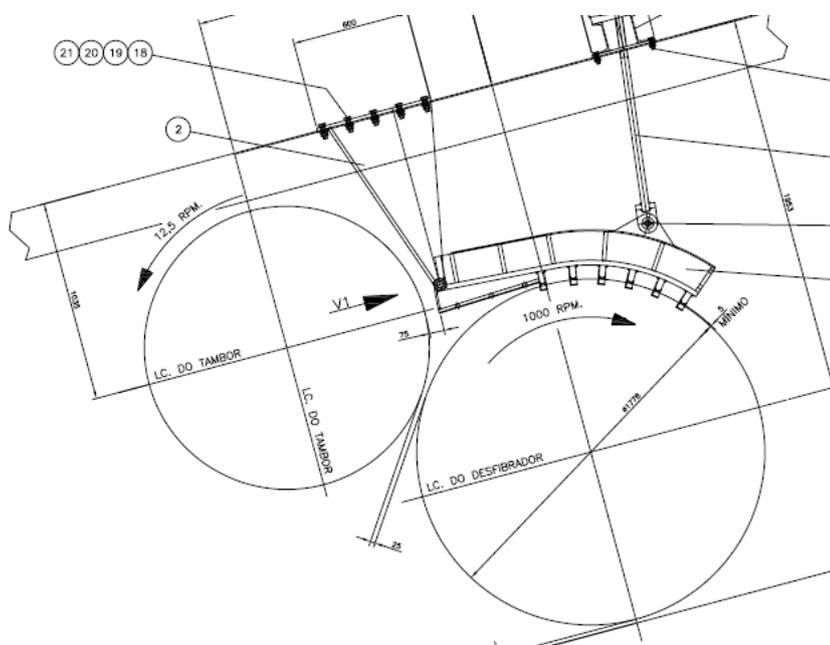
4.2.3 PLANO DE AÇÃO III

O terceiro plano de ação proposto é referente ao controle de manutenção dos martelos do desfibrador. Com o decorrer da safra, é natural que ocorra um desgaste na condição dos martelos desfibradores de cana, devido ao contato frequente e em alta rotação dos mesmos com a matéria passando pelo processo.

Por sugestão do fabricante, é recomendado que os martelos sejam virados/trocados a cada 250Kton de cana desfibrada. Sendo assim, foi observado a ausência de um controle de trocas de martelos, fazendo com que não se tivesse esse controle da troca ideal, ocasionando uma dificuldade na obtenção de um índice de preparo aceitável para o processo.

O índice de preparo basicamente é a porcentagem de açúcar em células abertas pelo processo de desfibramento da cana. Para uma abertura eficiente, é necessária a importância do espaçamento entre os martelos do desfibrador e a placa desfibradora (não deve ser superior a 5 mm), conforme mostrada na figura 4.13.

Figura 4.13 – Exemplo de um sistema de preparo.



Fonte: Autor.

Conforme mostrada na figura, observa-se a montagem e medidas necessárias para obtenção de um índice de preparo aceitável (entre 88% e 92%). Quando o índice de preparo está abaixo de 88%, visualmente a cana não atinge uma abertura eficiente de células de sacarose, impossibilitando parte da extração do açúcar. Já acima de 92%, visualmente a cana adquire a forma de uma fibra muito fina, o que acaba dificultando a percolação do caldo quebrando o sistema de reembebição cíclica, prejudicando a extração.

Com estas constatações, observa-se a importância da manutenção de troca dos martelos, pois, quando desgastados, o espaçamento entre eles e a placa desfibradora aumenta, dificultando então a obtenção de um índice de preparo aceitável, pois o desfibramento da cana será feito de forma ineficiente.

Para combater isto, foi elaborado uma planilha de controle de troca de martelos, onde na mesma é indicado a data que foi realizado a manutenção, a ação (inverter ou trocar os martelos), o motivo, moagem anual acumulada na data e o diferencial de moagem entre a data atual e a data da última troca. Esta tabela facilita o controle da troca, indicando o momento ideal para ser realizada manutenção nos martelos.

Cabe também ao gestor responsável analisar o contexto em termos de oportunidades de parada e custos junto com a planilha, tendo em vista que o objetivo dela é auxiliar na decisão.

Seguem imagens abaixo para uma melhor compreensão do resultado.

Quadro 4.2 – Planilha de controle de troca de martelos.

Troca de martelos do desfibrador					
Empresa		Elaborada por		Leandro Dorneles Franco	
Controle		Data			
Troca de martelos					
Data	Ação	Motivo	Moagem acumulada	Diferencial de Moagem	Troca de martelos ou inversão
15/08/201X	Volta entressafra - martelos novos.	--	89.902	0	Troca
10/06/201X	Troca de martelos.	Desgaste. Oportunidade devido a quebra do martelo.	219.587	129.685	Troca
16/08/201X	Virada dos martelos	Desgaste.	645.921	426.334	Inversão
17/10/201X	Troca de martelos.	Fim de safra	951.959	306.038	Troca

Fonte: Autor.

Figura 4.14 – Martelos desgastados.



Fonte: Autor.

4.2.4 PLANO DE AÇÃO IV

Quanto a questão da colheita abaixo da capacidade efetiva, foi repassado esta causa para o setor agrícola, sendo este setor apto para buscar soluções para esta causa.

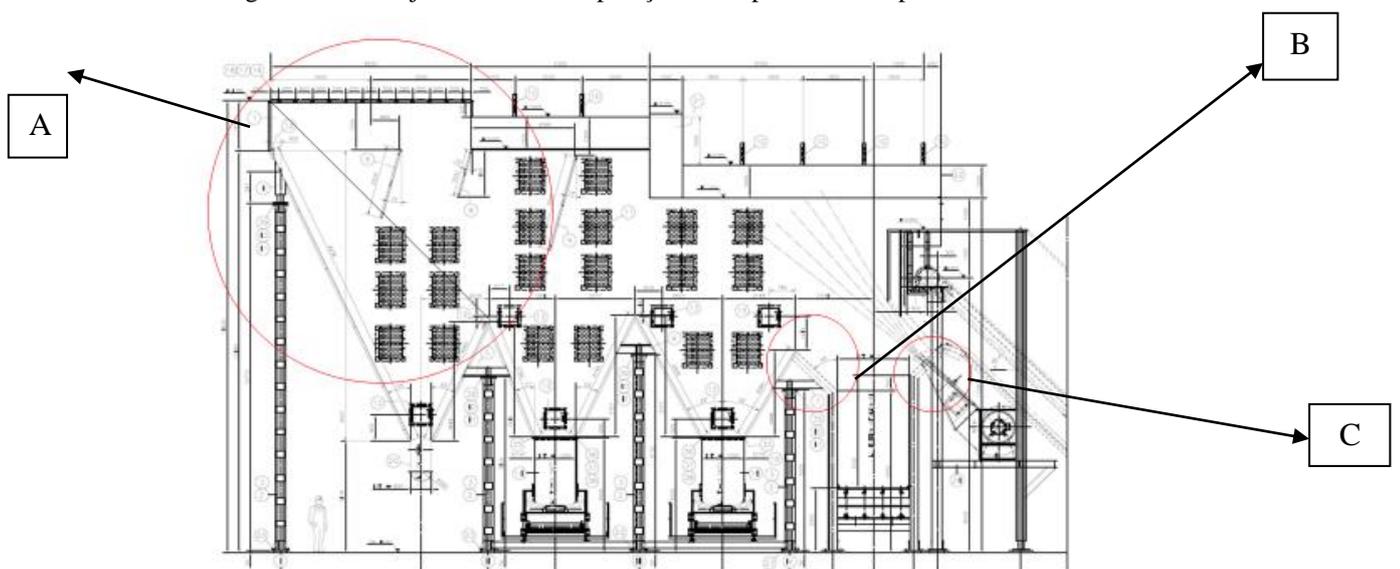
4.2.5 PLANO DE AÇÃO V

Referente ao sistema de limpeza à seco (SLS), foi elaborado um estudo sobre o projeto e realizado acompanhamento na operação do mesmo junto com o departamento técnico do setor de extração e em contato com o fornecedor do SLS em questão, foram elaborados os seguintes pontos de melhoria: necessidade de correção do ângulo da chapa entre a esteira metálica de cana e esteira de arraste de palha para evitar acúmulo de palha na mesma, necessidade da correção do ângulo da rampa de palha, otimização nos bicos de saídas de ar dos ventiladores e eliminar obstruções de ar na ventilação interna do sistema.

Os objetivos principais deste projeto de melhorias no SLS são a redução de acúmulo de palha que cai para esteira metálica, ocasionando um volume muito alto de palha para o processo de uma vez só, a otimização da retirada de palha e o aumento de tempo do equipamento ligado devido a retirada de acúmulos de palha no sistema.

Abaixo tem-se a visualização dos pontos de melhoria.

Figura 4.15 – Projeto do SLS em operação na empresa com os pontos de melhoria.



Fonte: Autor.

O item A do desenho indica a necessidade da correção do ângulo de elevação da rampa circulada. A mesma deve ser inclina de forma com a qual a caída da mesma seja mais íngreme, evitando o acúmulo de palha.

O item B do desenho indica um ponto onde deve ser feito um serviço similar ao item A. Tornar a caída da rampa mais íngreme para evitar com que ocorra acúmulo de palha.

O item C indica a localização dos bicos dos ventiladores onde devem ser feitos otimizações no projeto, para aumentar a eficiência da retirada de palha da matéria-prima.

CAPÍTULO 5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresenta como resultado a análise do processo de extração de açúcar no caldo proveniente da cana-de-açúcar de uma empresa de grande porte do estado do Mato Grosso do Sul, caracterizando as etapas do processo e apresentando planos de ações para amenizar o impacto de efeitos gerados no processo. O texto caracteriza a empresa na qual o estudo foi realizado, a sua categoria de produtos, os atores envolvidos no processo, apresenta o método utilizado e os resultados provenientes das análises realizadas ao longo do trabalho.

O desenvolvimento do presente estudo possibilitou uma análise das características e condições de processo que beneficiem a extração, além de que explanou de forma mais clara o processo de extração por difusão da matéria dentro de um difusor modular de cana-de-açúcar.

Ao rodar a etapa *Plan* do ciclo PDCA, verificou-se as condições de processo mais impactantes no processo levantados por meio de um *brainstorming* e montado o diagrama de Ishikawa, apresentado na figura 3.2, para então por meio das análises estatísticas propostas na etapa, se chegar nos planos de ação para amenização dos impactos das causas raízes encontradas, permitindo assim com que os objetivos propostos fossem alcançados.

Foi sugerido para a empresa a implantação de todos os planos de ações, apresentando este trabalho com todos os dados coletados e aplicados na metodologia. Os planos que não necessitaram de um investimento alto foram aplicados, tornando a operação mais envolvida com o processo. Os planos que necessitam de investimento estão em processo de análise para implementação.

Espera-se pelos resultados da pesquisa além de um aumento de eficiência, uma gestão mais envolvida no processo operacional devido aos planos I, II e III, para inclusão e auxílio propostos aos gestores de processo além da padronização da operação, minimizando ações que possam influenciar no resultado ocasionado de trocas de turnos ou folga de operadores/gestores.

Em relação ao plano de ação V, caso implementado, espera-se um aumento de eficiência de processo considerável além de um aumento de capacidade de moagem, pois a destinação correta da palha acarreta na liberação de volume de matéria presente no difusor, podendo então este volume ser preenchido com matéria-prima.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se a análise de viabilidade financeira do plano de ação referente ao sistema de limpeza a seco, tendo em vista a importância

apresentada referente à separação da palha da cana. Levando em consideração os outros planos de ação, observou-se da importância da gestão de pessoas no processo produtivo, logo propõe-se então um estudo dos impactos causados na gestão de equipes por estas mudanças realizadas, avaliando o ponto de que o quanto pode melhorar em termos de eficiência o processo com um envolvimento maior das pessoas diretamente ligadas ao processo.

REFERÊNCIAS

- ABRANTES, J. **Gestão da qualidade**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.
- ALMEIDA, M. L. **Resumo das Fórmulas de Rendimentos e Eficiência Utilizadas na Indústria Açucareira do Brasil**. Piracicaba: Piracicaba Engenharia Sucroalcooleira Ltda., 2014.
- ANDRADE, F. F. DE. **O método de melhorias PDCA**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2003.
- ARAÚJO, A. L. M. DE. Indicadores de qualidade e produtividade como instrumento de apoio à decisão no processo de expedição de veículos. **Production**, v. 7, n. 2, p. 139–157, dez. 1997.
- CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da qualidade total**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni: Universidade Federal de Minas Gerais, 1992.
- CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: Conceitos e técnicas**. 3. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2016.
- CONSECANA. **CONSECANA-SP | Conselho de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo**. Disponível em: <<https://www.consecana.com.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2017.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços - Uma Abordagem Estratégica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. São Paulo, SP: Marques Saraiva, 1990a.
- DEMING, W. E. **Qualidade: a revolução da administração**. 1. ed. São Paulo: Marques Saraiva, 1990b.
- GARVIN, D. A. What Does “Product Quality” Really Mean? **MIT Sloan Management Review**, 1984.
- GARVIN, D. A. **Gerenciando a qualidade**. Rio de Janeiro, RJ: Qualitymark, 1992.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 1994.
- GIL, A. C. **Como elaborar um projeto de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- IEA. **World Energy Outlook - 2006**. Disponível em: <www.iea.org>. Acesso em: 6 jan. 2017.
- JURAN, J. M.; GRZYNA, F. M. **Controle da qualidade handbook**. São Paulo, SP: McGrawHill, 1992. v. 2
- KING, N. C. DE O.; LIMA, E. P. DE; COSTA, S. E. G. DA. Systemic productivity: concepts and applications. **Production**, v. 24, n. 1, p. 160–176, mar. 2014.

LOURENÇO FILHO, R. C. B. **Controle estatístico de qualidade**. Rio de Janeiro, RJ: Livros Técnicos e Científicos Ltda., 1976.

LOUZADA, F. et al. **Controle Estatístico de Processos: Uma abordagem prática para cursos de Engenharia e Administração**. 1. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2013.

MELLO, A. G. B. **REDUÇÃO E REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ETANOL: UM ESTUDO DE CASO**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2012.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. **Cana-de-açúcar**. Disponível em: <<http://agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 27 jan. 2017.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico de qualidade**. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

NOVACANA. **Como é feito o processamento da cana-de-açúcar nas usinas**. Disponível em: <<https://www.novacana.com/usina/como-e-feito-processamento-cana-de-acucar/>>. Acesso em: 22 jun. 2017.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção: Operações Industriais e de Serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

ROTONDARO, R. G. **Seis sigma: estratégia empresarial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2008. v. 1

SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. 1. ed. São Paulo: EDITORA ATLAS S.A., 1996.

TUBINO, D. F. **Sistemas de Produção: a produtividade no chão de fábrica**. Porto Alegre: Bookman, 1999.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZORZATTO, D. **Proposição de uma metodologia de implantação do controle estatístico de processo em uma indústria do setor sucroenergético**. Dourados: Universidade Federal da Grande Dourados, 2012.

