Ciência & Tecnologia
Fatec-JB

ISSN: 2178-9436

PROJETO DE APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC VISANDO A MAXIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO DE AÇÚCAR

DMAIC METHODOLOGY APPLICATION PROJECT AIMING TO MAXIMIZE SUGAR PRODUCTION

Alex Zerbinatti Gimenez[I]
Rita de Cássia Vieira Macri[II]

RESUMO

A fim de atender um mercado cada vez mais exigente as empresas buscam desenvolver e aplicar ferramentas da engenharia da qualidade que visam a melhoria contínua de seus processos. Estas ferramentas quando aplicadas de forma eficiente, possibilitam solucionar problemas, bem como evitar desperdícios, aumentar a produção e reduzir custos. Uma unidade sucroenergética localizada no município de Nova Europa-SP, produtora de açúcar e etanol, visando maximizar a produção de açúcar para o aumento do ganho financeiro, propôs a aplicação da metodologia SIX SIGMA através da ferramenta DMAIC para a safra 20/21. O objetivo geral deste estudo foi aplicar e avaliar a utilização do método DMAIC, Define (definir), Measure (medir), Analyze (analisar), Improve (aperfeiçoar) e Control (controlar) assim como a eficácia no processo de produção. Para tanto, foi designada uma equipe e realizadas reuniões semanais para a aplicação, monitoramento e controle das ações definidas no plano, seguindo um roteiro estruturado. Foi realizado um brainstorming com as principais causas que impactam diretamente na queda de produção do açúcar. Através da ferramenta dos 5 porquês foi possível localizar a causa raiz do problema e de uma matriz de impacto x esforço foi possível priorizar os problemas a serem solucionados. Foi elaborado então um plano de ação de acordo com o método DMAIC que possibilitou o aumento da produção de açúcar superando em 10,6% o planejamento inicial.

Palavras-chave: Definir. Medir. Analisar. Implementar. Controlar.

ABSTRACT

In order to meet an increasingly demanding market as companies seek to develop and apply quality engineering tools aimed at continuous improvement of their processes. These tools, When used efficiently, make it possible to solve problems as well as avoid waste, increase productivity and reduce costs. A sugarcane plant located in Nova Europa-SP, a sugar producer, aiming to maximize its sugar production to increase financial gain, proposed the SIX SIGMA methodology through the DMAIC tool for the 20/21 harvest. The general objective of this study is to apply and evaluate the use of the DMAIC method, Define, Measure, Analyze, Improve and Control as well as its effectiveness in the production process. For this purpose, a team was appointed, and weekly meetings were held to apply, monitor, and control the actions defined in the plan, following a structured script. Brainstorming was carried out with the leading causes that directly impacted the drop in production. Through the

[I] Mestrado em Engenharia de Biomateriais e Bioprocessos – Unesp – Campus de Araraquara; Tecnólogo em Biocombustíveis pela Fatec Nilo De Stéfani de Jaboticabal – SP - Brasil. E-mail: zerbinatti2016@gmail.com
[II] Prof. Me. da Faculdade de Tecnologia Nilo De Stéfani de Jaboticabal (Fatec-JB) – São Paulo – Brasil. E-mail: rita.macri@fatec.sp.gov.br

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

five whys tool, it was possible to locate the root cause of the problem and an impact x effort matrix to prioritize the issues to be solved. An action plan was then drawn up following the DMAIC method, which made it possible to increase sugar production 10,6%, surpassing the initial planning.
Keywords: Define. Measure. Analyze. Improve. Control.

Data de submissão do artigo: 31/08/2021.
Data de aprovação do artigo: 09/12/2021.
DOI: **10.52138/citec.v13i1.201**

1 INTRODUÇÃO

A busca por melhorias contínuas no processo produtivo visando redução de custo, tornou-se fator muito importante dentro do setor sucroenergético. A utilização da metodologia Seis Sigma é de suma importância na gestão de negócios, pois tem uma tratativa diferenciada de fazer a organização mais focada nos negócios, e atingir os níveis de excelência em qualidade e produtividade no segmento (ROTONDARO, 2006).

Neste trabalho foi utilizado a metodologia Seis Sigma, seguindo o método denominado DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) que é uma ferramenta analítica que propõe soluções para resolver ou minimizar problemas que possam impactar nos resultados de qualidade e produtividade de um determinado produto, com foco na melhoria dos processos, evitando falhas e desperdícios, realizando coleta de dados e visando a medição e melhoria do desempenho dos processos. A unidade sucroenergética vem de duas safras para a Safra 20/21 projetando cenário açucareiro com produção de açúcar estimada de 5,2MM de sacas. Devido à valorização do preço do açúcar no mercado nacional e internacional, surgiu a necessidade de aumentar ainda mais a produção de açúcar e reduzir o custo de produção. A proposta deste projeto DMAIC foi de maximizar a produção de açúcar para 5,5MM de sacas, através de mudanças de procedimentos, quebra de paradigmas e pequenos investimentos em equipamentos. A utilização da metodologia Seis Sigma no seguimento sucroenergético, assim como ferramentas, como o DMAIC possibilitam a melhoria contínua na busca pela excelência dos processos. Há poucos trabalhos acadêmico-científicos que discorrem sobre seu uso em uma indústria sucroenergética e, por isso, a temática se torna interessante.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O Seis Sigma pode ser definido como conjunto de regras e práticas desenvolvidas para maximizar o desempenho dos processos dentro de uma companhia, permitindo eliminar não conformidades e problemas de qualidade com os produtos levando em consideração as especificações técnicas propostas. Esta ferramenta foi desenvolvida no decênio de 80 na Motorola, que fabrica itens eletrônicos. Segundo Coronado (2002), a Motorola desenvolveu essa ferramenta com o propósito de reduzir o número de falhas e focar na melhoria do processo. O Seis Sigma pode ser definido, também, como estratégia gerencial planejada, com foco nos resultados de qualidade e financeiro, com o objetivo de promover mudanças significativas nas organizações, buscando sempre melhorias nos processos, produtos e serviços oferecidos aos clientes. Pode-se dizer, que o foco principal da metodologia Seis Sigma é a satisfação dos clientes, por meio da redução de defeitos nos processos e produtos, além de melhorar o desempenho da empresa (CARVALHO, 2006). A nomenclatura Seis

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Sigma vem da conformação de um processo, um parâmetro, ou da performance estatística de nível de instabilidade de um processo. A letra Sigma (σ) representa o desvio padrão de uma repartição, e assim quanto minimamente for o desvio padrão de um processo, maior será a quantidade de desvios padrões a serem incorporados dentro do especificado, e a expressão Seis Sigma representa na verdade, uma eficácia de 99,99966% em qualquer processo, ou 3,4 defeitos por milhão de Oportunidades (DONADEL, 2008).

2.1 Metodologia DMAIC

A metodologia DMAIC é um método estruturado, formado de cinco fases que direcionam da melhor forma as atividades necessárias na abordagem Seis Sigma para a melhora dos processos. E tem o objetivo de inserir um projeto de melhoria, mapear os problemas, identificar os pontos mais críticos, desenvolver medições para obtenção das informações, analisar e encontrar as possíveis causas, propor suas soluções, e o controle delas.

2.2 Etapas de aplicação do método DMAIC

As etapas de aplicação do método Dmaic são:

- **Etapa Definir**

De acordo com Werkema (2004), uma ferramenta para ser utilizada nessa etapa do método é o *Project charter*, que nada mais é que um documento que representa um contrato firmado com a equipe responsável pela elaboração do projeto juntamente com os gestores, que tem a finalidade de definir claramente o que é esperado em relação a equipe, manter a equipe alinhada aos objetivos prioritários da empresa, formalizar a transição do projeto das mãos do *Champion* para a equipe. Ainda na etapa definir é feito o uso do *Project Charter*, que é um formulário que visa formalizar o grupo que compõe o projeto, alinhar o foco, objetivo, viabilidade, tudo dentro de um cronograma (OUCHI, 2003).

- **Etapa Medir**

Werkema (2004) diz que essa etapa deverá propor foco no problema com a intenção de ter um detalhamento maior. Para isso deve-se seguir as seguintes ações a serem realizadas como, descrever o processo atual através do mapeamento do fluxo de valor, detectar características do processo a partir de indicadores, após detectar as características do processo, devem-se validar os seus sistemas de medição, todos os desperdícios do processo devem ser identificados, encontrar pequenas oportunidades de melhorias no processo, revisar benefícios financeiros, rever metas e objetivos descritos no contrato.

- **Etapa Analisar**

Para uma melhor análise de soluções de problemas, são utilizadas ferramentas da qualidade, que tem como objetivo analisar, mostrar soluções técnicas, e métodos eficazes para melhoria dos processos (LUCINDA, 2010).

Werkema (2004) acrescenta como objetivo determinar as causas fundamentais do problema prioritário associada a cada uma das metas definidas, para isso algumas atividades deverão ser realizadas como, analisar o processo gerador do problema prioritário, analisar

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

dados do problema prioritário e seu processo gerador, identificar e organizar as causas potenciais do problema prioritário, priorizar as causas potenciais do problema prioritário, quantificar a importância das causas potenciais prioritários.

Na fase de análise o diagrama de *Ishikawa* ou causa e efeito permite identificar as possíveis causas de um determinado problema. Rissi (2007), determina que uma matriz de impacto x esforço é formada por quatro quadrantes, em que se pontua o impacto que a resolução da causa terá para o projeto em desenvolvimento e o esforço necessário para realizá-lo. Primeiro resolve-se as causas que apresentam maior impacto e menor esforço. Outra ferramenta importante é o *Brainstorming*, que segundo Behr (2008) é uma ferramenta que apesar de ser simples deve ser utilizada em grupo para a discussão de ideias e, para evidenciar a solução de problemas.

- **Etapa implementar**

Werkema (2004) diz que na penúltima etapa do DMAIC devem ser criadas ideias sobre possíveis soluções e realizar testes em pequenas escalas das soluções escolhidas, e algumas perguntas e ações devem ser realizadas como, identificar meios para remover as causas dos defeitos, confirmar as variáveis-chave e quantificar sobre as características, avaliar e minimizar os riscos das soluções prioritárias, testar em pequena escala, identificar e implementar melhorias ou ajustes, modificar o processo para se manter dentro de uma faixa aceitável. Uma ferramenta imprescindível que deve ser utilizada para definir o plano de ação é a ferramenta *5W2H* que segundo Deolindo (2011), esta ferramenta consiste em responder perguntas em busca de soluções, além de ser uma técnica de fácil utilização e compreensão respondendo a 7 perguntas (O que?; Por que?; Como?; Quanto?; Quando?; Onde?; Quem?).

- **Etapa controlar**

De acordo com Werkema (2004) a última etapa do DMAIC tem como base a avaliação da obtenção da meta em larga escala. Com esse propósito, os resultados conquistados, após a vasta implementação das soluções, devem ser controlados para ser confirmado o alcance do sucesso e as seguintes ações e perguntas devem ser feitas: identificar quais são os riscos do novo processo, fazer análise crítica da nova realidade, confirmar os ganhos com a implementação do projeto, registrar e padronizar a melhoria, registrar as lições aprendidas, registrar o projeto nos sistemas necessários.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia DMAIC foi aplicada em uma unidade sucroenergética do município de Nova Europa-SP na Safra 20/21. A equipe responsável pela aplicação do método estruturou o projeto em várias etapas descritas nos itens 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5.

3.1 Definição

Foram definidos os responsáveis pela aplicação do método e relacionados em um formulário junto com as suas respectivas funções e setores de atuação dentro da companhia deixando claro o que era esperado em relação a equipe, mantendo a equipe alinhada com relação aos objetivos prioritários.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Foi estabelecido todas essas formalidades dentro de um cronograma, assim como os prazos e as responsabilidades pelos planos de ação. A equipe foi composta por 6 membros de áreas relacionadas a produção de açúcar e os planos de ação foram distribuídos a cada membro da equipe de acordo com a área de atuação. Este trabalho foi baseado em trabalhos anteriores realizados em outras unidades da região centro sul.

Foram realizadas reuniões agendadas para a elaboração de um *brainstorming* (tempestade de ideias). Este *brainstorming* foi extremamente importante para a identificação dos problemas que impactavam diretamente na queda de produção de açúcar, são esses:

- Nível elevado do tanque de mel final;
- Perdas por degradação e inversão de açúcares;
- Baixa recuperação de açúcares na Fábrica;
- Tempo elevado de lavagem do açúcar nas centrífugas;
- Baixa temperatura da água e embebição da moenda;
- Falta de automação para a medição do nível da calha *Donelly* da moenda;
- Baixo tempo de retenção nos cristalizadores de massa A;
- Baixa vazão de caldo para a evaporação;
- Baixa qualidade dos big bags de açúcar (varredura);
- Baixo brix do xarope;
- Tempo elevado de cozimento do açúcar;
- Variação elevada do pH do caldo na entrada do decantador;
- Baixo percentual de cristais na massa;
- Pureza elevada no mel final;
- Acidez elevada no mel final;
- Baixa qualidade da semente de açúcar;
- Baixa pressão de vapor no cozimento;
- AM e CV do açúcar fora de especificação (Granulometria);
- Insuficiência na área de filtração do lodo;
- Falta de cristalizadores de massa B;
- Falta de sistema de controle de diluição dos méis;
- Perdas elevadas por vazamentos na Fábrica (água residuária);
- Perdas elevadas nos multijatos; e
- Temperatura elevada na evaporação e cozimento.

3.2 Medição

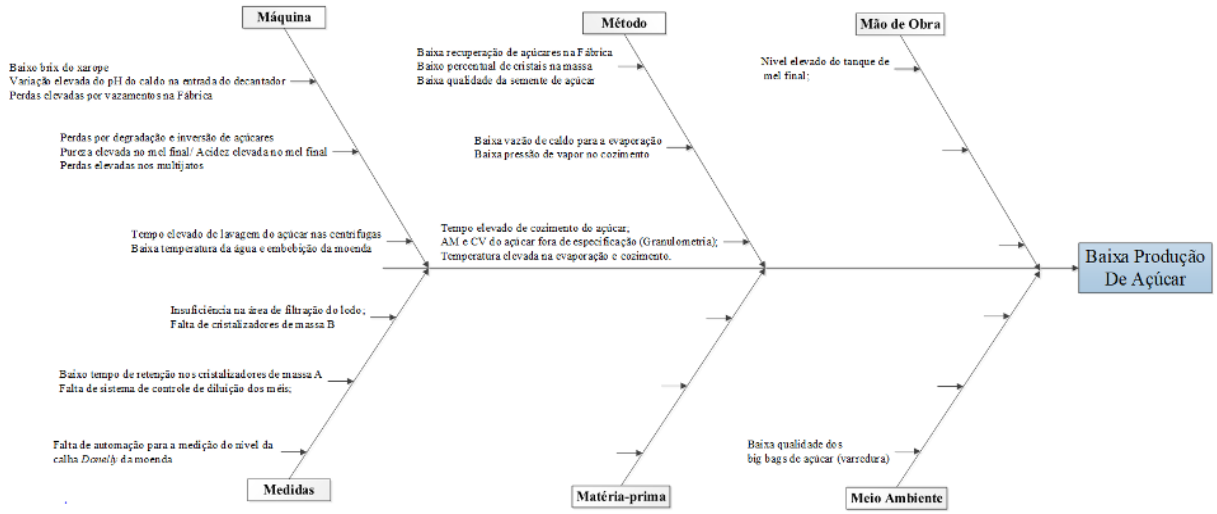
Após a identificação dos problemas, esses foram relacionados em um diagrama de causa e efeito ou *Ishikawa* conforme mostrado na figura 1**.** O Diagrama de *Ishikawa*, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou diagrama espinha de peixe, é um gráfico cuja finalidade é organizar o raciocínio em discussões de um problema prioritário, em processos diversos, especialmente na produção industrial. Originalmente proposto pelo engenheiro químico Kaoru Ishikawa em 1943 e aperfeiçoado nos anos seguintes. O diagrama foi desenvolvido com o objetivo de representar a relação entre um "efeito" e suas possíveis "causas". Esta técnica é utilizada para descobrir, organizar e resumir conhecimento de um grupo a respeito das possíveis causas que contribuem para um determinado efeito.

Em sua estrutura, as prováveis causas dos problemas (efeitos) podem ser classificadas como sendo de seis tipos diferentes quando aplicada a metodologia 6M, são esses:

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

- Método: toda a causa envolvendo o método que estava sendo executado o trabalho;
- Material: toda causa que envolve o material que estava sendo utilizado no trabalho;
- Mão-de-obra (Pessoas): toda causa que envolve uma atitude do colaborador (ex: procedimento inadequado, pressa, imprudência, ato inseguro etc.)
- Máquina: toda causa envolvendo a máquina que estava sendo operada;
- Medida: toda causa que envolve os instrumentos de medida, sua calibração, a efetividade de indicadores em mostrar as variações de resultado, se o acompanhamento está sendo realizado, se ocorre na frequência necessária etc.
- Meio ambiente; toda causa que envolve o meio ambiente em si (poluição, calor, poeira etc.) e, o ambiente de trabalho (layout, falta de espaço, dimensionamento inadequado dos equipamentos etc.).

Figura 1 - Diagrama de causa e efeito



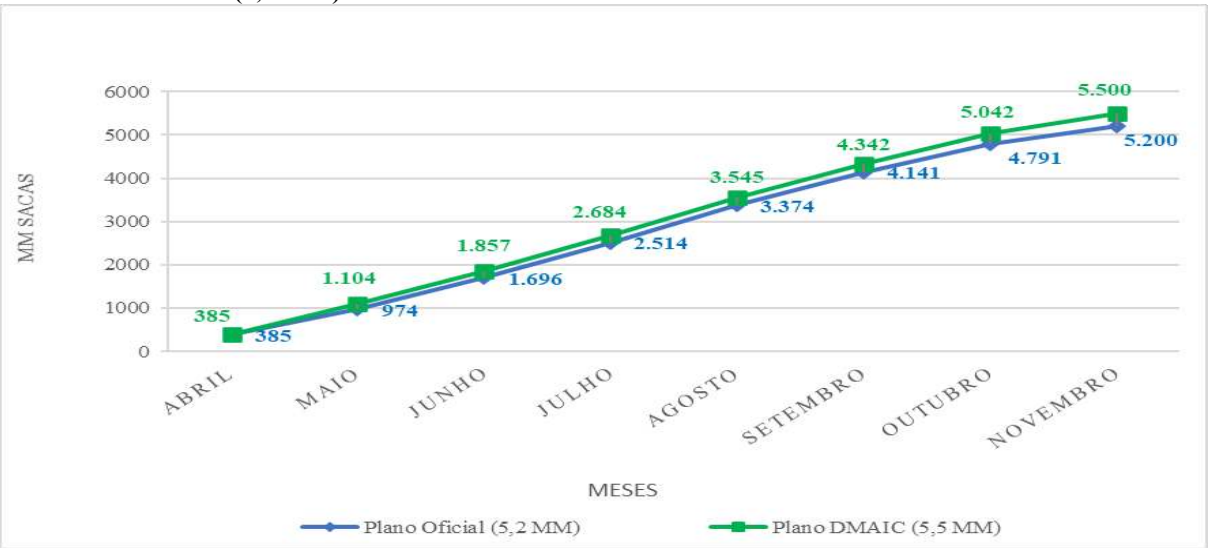
Fonte: os autores (2021)

As metas de produção para a Safra 20/21 foram estabelecidas utilizando como referência a safra 17/18 onde o cenário de Mix (Açúcar/etanol) também foi açucareiro. Os valores de produção e produtividade planejados foram: produtividade de 7,69 sacos/tonelada de ART, relação de 1,13 Sacos/TC, produção estimada de 5.200.000 sacas de açúcar 50 kg. Em uma análise mais detalhada também baseada em histórico utilizando como referência a safra 17/18, alguns fatores negativos foram levantados, são esses: alto índice de parada na moenda 743 paradas em 246 dias, resultando em 3 paradas por dia, ineficiência no tratamento de caldo (Baixo sulfito no caldo, variação do pH de entrada no decantador e baixa disponibilidade dos filtros rotativos), baixo brix do xarope da evaporação, tempo e temperatura elevada no cozimento de massa A, falta de padronização no preparo da semente de açúcar e na condução do cozimento de massa, falta de inspeção nas centrifugas de massa A e B, alto índice de perdas de açúcar no secador e big bags fora de especificação.

No gráfico 1 estão apresentados os valores referentes a produção de açúcar planejada para a Safra 20/21 (5,2 MM) e a meta de produção planejada com a aplicação do método DMAIC (5,5 MM).

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Gráfico 1 - Produção de açúcar planejada para a Safra 20/21 (5,2 MM) e com a aplicação do plano DMAIC (5,5 MM)



Fonte: elaborado pelos autores - os dados foram coletados de acordo com o plano para a safra 20/21

As metas de produção para a Safra 20/21 utilizando o método DMAIC foram estabelecidas considerando os ganhos de produção com a aplicação de 100% dos planos de ação, monitoramentos e controles estabelecidos no plano DMAIC, e garantindo as seguintes relações de produção e produtividade: garantir relação de Sacos/Toneladas de ART ≥ 7,97, garantir relação de Sacos/TC ≥ 1,19 e garantir produção de açúcar ≥ 5.500.000 sacas de açúcar.

3.3 Análise

Essas causas foram tratadas seguindo critérios de perdas de sacarose (Pol) para definir as causas que mais poderiam impactar no processo, são esses: perdas indeterminadas, efluente final, bagaço, torta e multijatos. Utilizando uma matriz de impacto x esforço as causas foram classificadas como baixo ou alto esforço e baixo ou alto impacto. Foram priorizadas as causas com baixo esforço e com alto impacto para serem solucionadas. Do total de 24 causas potenciais, 19 delas apresentaram baixo esforço e alto impacto, representado um total de 79,2% das causas.

Nesta etapa de análise também foram definidas as causas principais ou raiz do problema. Essa definição possibilitou a formulação dos planos de ação para a melhoria. Para uma melhor análise foi utilizada a técnica dos 5 porquês da qualidade, um método simples, criado pelo engenheiro mecânico Taiichi Ohno, que tem como objetivo a solução e o descobrimento das causas raízes de problemas.

3.4 Implementar

Após a definição da causa raiz dos problemas foram relacionadas as oportunidades de solução, ou seja, aquelas que são mais viáveis para testar e criar planos de ação que vão atestar a eficácia de cada uma. Para orientar os testes, foi utilizado o método 5W2H para guiar os planos de ação. Com o resultado dos testes foi possível identificar quais melhorias eram mais efetivas para mitigar ou eliminar a causa raiz do problema e serem implementadas em toda a empresa. Foram mapeados pontos de limitação no processo de produção de açúcar,

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

porém, devido ao alto esforço para solucionar, essas causas foram descartadas a curto prazo, pois dependiam de muito investimento por parte da companhia. Nesta fase de implementação foram realizados alguns trabalhos de conscientização dos colaboradores que possibilitou a quebra de alguns paradigmas, são esses:

- Conscientizar os colaboradores sobre a importância de padronizar as operações de acordo com os POP´S (Procedimentos Operacionais Padrão);
- A influência das perdas indeterminadas no processo, principalmente por degradação e inversão de açúcares ocasionados na maioria das vezes por variações bruscas de pH e temperatura;
- Implantar sistema de monitoramento das ações de processo (PGDI);
- Designar três analistas para monitorar as ações da planta durante 24 horas.

3.5 Controlar

Esta última etapa, garante que a empresa mantenha a busca pela melhoria contínua dos processos. Depois de todo o trabalho para colocar os planos de ações em prática foi fundamental monitorar o desempenho e os resultados alcançados. Foram elaborados checklists para o controle das atividades. Foram elaboradas cartas de controle para quantificar o progresso do plano de melhoria. Após a definição do plano DMAIC foi finalizado o contrato de melhoria, que consistiu em um documento onde foram registradas todas as etapas do plano e assinado pelos membros da equipe, patrocinadores e diretoria da empresa. As tarefas de monitoramento e controle foram divididas entre os membros da equipe e os resultados eram analisados em reuniões semanais desde o nível operacional até o retorno financeiro alcançado com as melhorias. Uma das etapas mais importantes para a eficácia da utilização do método é sem dúvida o monitoramento e controle dos planos de ações. Os responsáveis pelas ações devem reunir-se sempre que um dos indicadores do plano estiver fora do especificado no contrato de melhoria. Desta forma, o ciclo DMAIC se fecha, deixando a empresa mais organizada e eficiente na execução dos seus processos.

Os planos de ações propostos em razão da causa raiz dos problemas foram monitorados ao decorrer de todo o período de safra, são eles:

- Não enviar xarope ao tanque de mel final;
- Monitorar temperatura da evaporação e cozimento;
- Padronizar tempo de lavagem do açúcar nas centrífugas de açúcar abaixo de 8 segundos;
- Trabalhar com água de embebição para a moenda acima de 60°C;
- Instalar sensor de nível na calha Donelly da moenda;
- Reduzir moagem de forma gradativa para não afetar o setor de evaporação;
- Aquisição de big bags novos;
- Trabalhar com brix de xarope acima de 60°Brix;
- Padronizar tempo de cozimento;
- Monitorar o pH de entrada do decantador;
- Padronizar o percentual de cristais na massa;
- Realizar inspeção periódica nas telas das centrífugas contínuas;
- Monitorar o nível do tanque de mel final;
- Peneirar o açúcar para semente de cristalização;
- Eliminar pontos de perdas de vapor e purgas excessivas;
- Padronizar as etapas do cozimento;

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

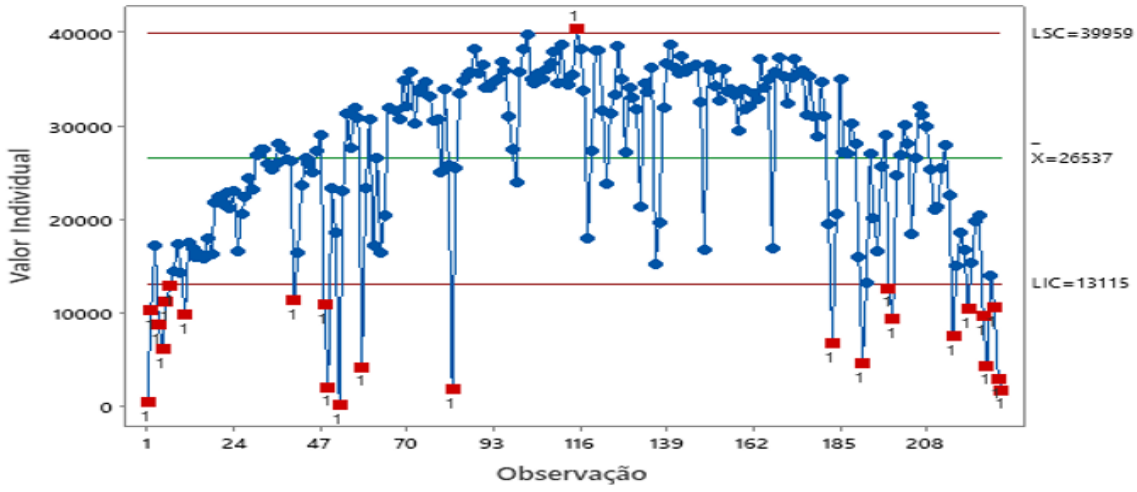
- Eliminar vazamentos em selos e gaxetas de bombas;
- Eliminar transbordamentos; e
- Intensificar limpeza das telas da represa de aspersão em dias quentes;

Os processos foram monitorados através de gráficos de controles gerados pelo historiador da planta (PGDI), e ferramentas para controle estatísco como o excel e o Minitab.

O *software Minitab* versão 19 foi utilizado para o monitoramento e controle das produções de açúcar ao decorrer da safra 20/21 conforme mostrado nos gráficos 2, 3 e 6, que apresentam as cartas de controle R, amplitude móvel e distribuição normal.

No gráfico 2 é possível observar os pontos em vermelho que a produção de açúcar ficou abaixo do limite inferior de controle. Esses pontos indicam possíveis problemas no processo de produção e fornecem informações importantes na aplicação dos planos de ação evitando recorrências. Conforme mostrado no gráfico 2, a média amostral que representa os 228 dias corridos do período de safra foi de 26.537 sacas/dias, com um limite inferior de controle de 13.115 sacas/dia e limite superior de controle de 39.959 sacas/dia. Ainda no gráfico 2 pode-se observar que os dois primeiros meses de safra assim como os dois últimos meses, a unidade apresentou produções de açúcar abaixo do limite inferior de controle, o que pode ser justificado pela baixa qualidade da matéria prima no início e no final do período de safra.

Gráfico 2 - Carta R de controle de produção de açúcar (Sacas)

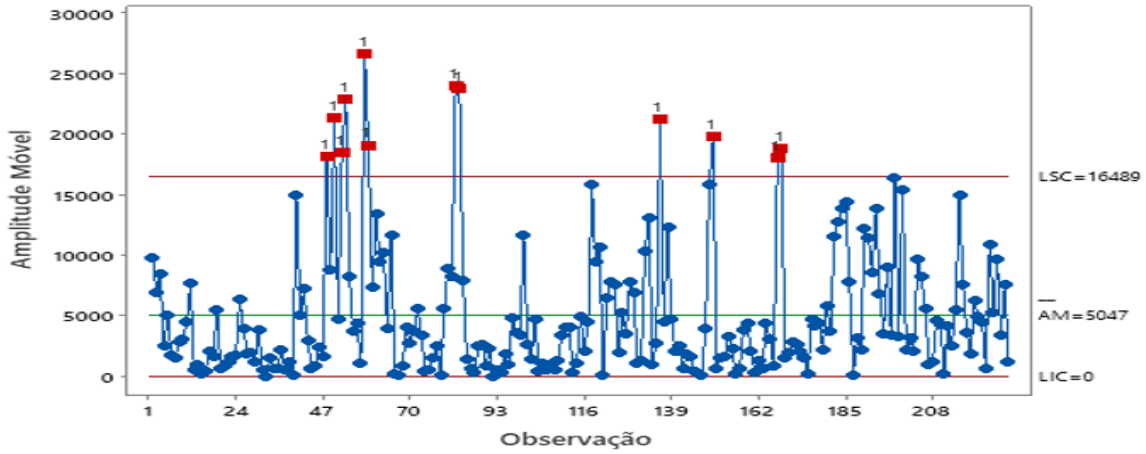


Fonte: elaborado pelos autores - os dados foram coletados do boletim de produção industrial da Safra 20/21

No gráfico 3 é possível observar a amplitude móvel da produção de açúcar, em que os pontos destacados em vermelho acima do limite superior de controle permitiram uma análise mais detalhada das variações bruscas na produção, possibilitando a elaboração de planos de ação com o intuito de estabilização do processo.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

Gráfico 3 - Carta de amplitude móvel de produção de açúcar (Sacas)



Fonte: elaborado pelos autores - os dados foram coletados do boletim de produção industrial da Safra 20/21

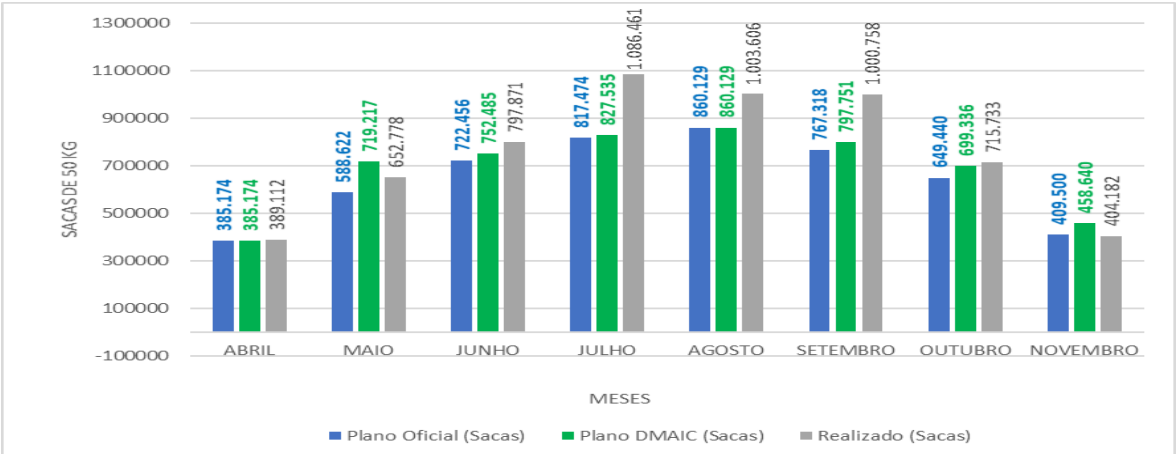
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na etapa de medição foram compilados dados estatísticos dos indicadores de desempenho da empresa no processo que foi otimizado utilizando ferramentas como o Excel e o minitab para cálculos de correlações, probabilidades, cartas de controle, amplitude amostral, distribuição normal ou diagrama de Gauss, nível de sigma e capabilidade do processo. Esses dados quantitativos permitiram fazer uma comparação mais acertada lá na frente, possibilitando a verificação da eficácia das mudanças através dos resultados.

Dessa forma, possibilitou a equipe estudar em detalhes o cenário atual da empresa, possibilitando a verificação dos acertos e erros que necessitavam ser reparados.

Nos gráficos 4 e 5 estão apresentadas as produções mensais e acumuladas na safra 20/21 comparadas ao planejado inicial sem o método DMAIC (5,2MM sacas), e o planejado com a aplicação do método DMAIC (5,5 MM sacas) e o realizado na safra (6,05 MM sacas). Pode-se observar as diferenças expressivas de produção durante a safra 20/21, principalmente dos meses de julho, agosto e setembro em que a companhia bateu os recordes de produção de açúcar.

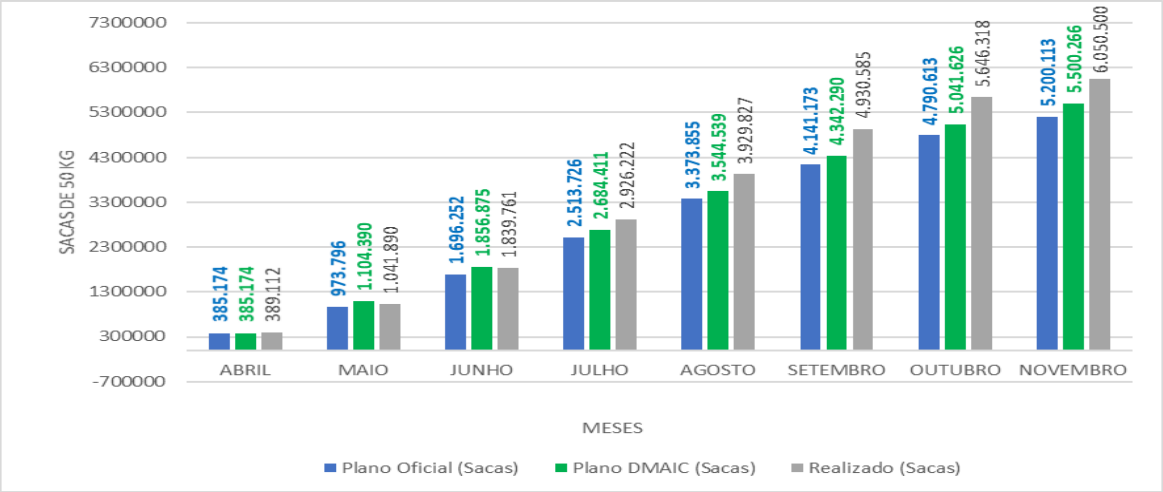
Gráfico 4 - Gráfico do acompanhamento de produção mensal de açúcar (Sacas)



Fonte: elaborado pelos autores - os dados foram coletados do boletim de produção industrial da Safra 20/21

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

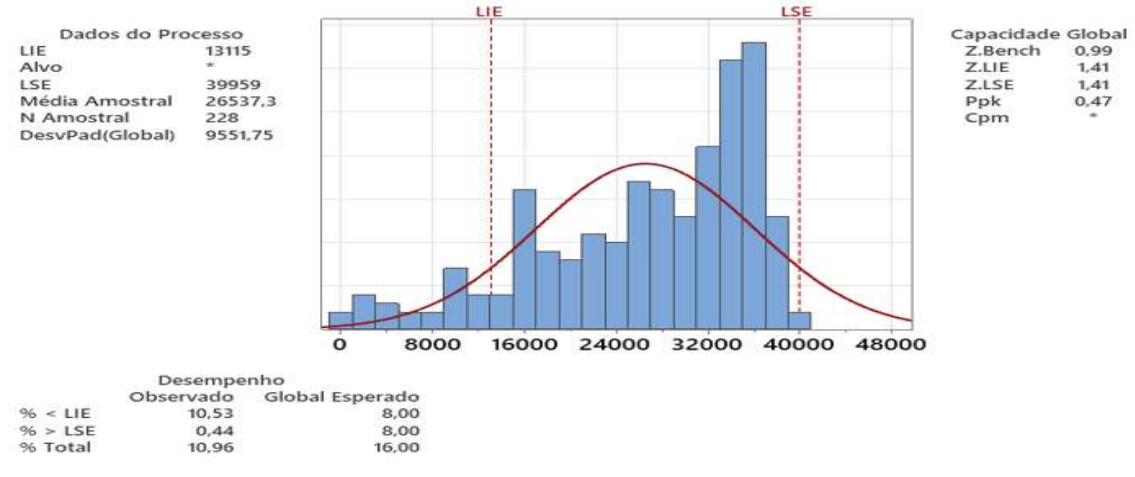
Gráfico 5 - Gráfico do acompanhamento de produção acumulado de açúcar (Sacas)



Fonte: elaborado pelos autores - os dados foram coletados do boletim de produção industrial da Safra 20/21

O gráfico 6 apresenta a distribuição normal dos valores de produção de açúcar referente a safra 20/21, onde foram estabelecidos os valores de limite inferior especificado (LIE) e o limite superior especificado (LSE). O desvio padrão apresentado foi de 9.552 sacas, com um nível de sigma (Z. Bench) de 0,99. Avaliando o desempenho, pode-se observar que 10,53% dos valores ficaram abaixo do limite inferior especificado (% < LIE) e apenas 0,44% ficaram acima do limite superior especificado (% >LSE), demonstrando a capacidade do processo em obter um aumento de produção, com aplicação de boas práticas.

Gráfico 6 - Distribuição normal da produção de açúcar (Sacas)



Fonte: elaborado pelos autores - os dados foram coletados do boletim de produção industrial da Safra 20/21

Nas tabelas 1 e 2 estão descritos os benefícios financeiros planejados e realizados para a companhia antes e após a aplicação da metodologia DMAIC. Os cálculos foram realizados utilizando os valores das sacas de açúcar e m³ de etanol referentes ao período, descontando os valores de frete + impostos. O cálculo de etanol foi necessário para o levantamento do

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

benefício financeiro, uma vez que ao produzir mais açúcar a companhia deixa de produzir etanol. O valor líquido apurado para a companhia ao cumprir o planejado, ou seja, com um aumento de 300 mil sacas seria de R$ 7.814.486,00 (Tabela 1). Após a aplicação da metodologia DMAIC os cálculos demonstraram que o ganho financeiro para a companhia foi de R$ 22.140.734,00 (Tabela 2).

Tabela 1 – Benefício financeiro planejado com a aplicação do método DMAIC

Produto	Açúcar (Sacas)	Etanol (m³)
Quantidade	300.000	9.346
Preço R$	70,00	1550
Valor Bruto R$	21.000.000,00	14.486.300,00
Frete + Impostos %	7,5	19,85
Valor Líquido R$	19.425.000,00	11.610.514,00
Diferença R$		**7.814.486,00**

Fonte: elaborada pelos autores (2021) - os dados foram coletados junto ao departamento financeiro da companhia

Tabela 2 – Benefício financeiro realizado com a aplicação do método DMAIC

Produto	Açúcar (Sacas)	Etanol (m³)
Quantidade	850.000	9.346
Preço R$	70,00	1550
Valor Bruto R$	59.500.000,00	41.044.000,00
Frete + Impostos %	7,5	19,85
Valor Líquido R$	55.037.500,00	32.896.766,00
Diferença R$		**22.140.734,00**

Fonte: elaborada pelos autores (2021) - os dados foram coletados junto ao departamento financeiro da companhia

5 CONCLUSÃO

Através dos resultados de produção de açúcar alcançados na Safra 20/21 pode-se afirmar categoricamente que o projeto DMAIC favoreceu a maximização da produção de açúcar. As metas iniciais de produção de açúcar, relação sacas/ton. de cana e sacas/ton. de ART foram todas superadas em relação ao planejado. Foram batidos recordes de produção de açúcar em três meses consecutivos, sendo eles: julho, agosto e setembro, apresentando um ganho financeiro para a companhia em torno de R$ 22.140.734,00.

Alguns fatores como a quebra de paradigmas foram muito significativos para obtenção dos resultados expressivos de produção de açúcar como exemplo: a redução do envio de xarope ao tanque de mel final.

O monitoramento e controle dos planos de ações propostos neste trabalho, assim como a implantação de software de simulação de processo e analistas dedicados na operação deste, também contribuíram significativamente para a estabilidade dos processos.

A metodologia dos 5 porquês foi de extrema importância na identificação da causa raiz dos problemas, direcionando os planos de ação na causa e não no efeito do problema.

As variáveis monitoradas e controladas neste trabalho deverão ser avaliadas novamente em um próximo ano utilizando a metodologia Seis Sigma com o intuito de dar continuidade ao plano de melhoria contínua da companhia.

Ciência & Tecnologia
Fatec-JB
ISSN: 2178-9436

REFERÊNCIAS

BEHR, A.; MORO, E. L. S.; ESTABEL, L. B. Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca**. Ci. Inf., Brasília**, v. 37, n. 2, agosto de 2008. Disponível em: Acesso em 02/032018.

CARVALHO, Marly Monteiro. **Gestão da Qualidade.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.

CORONADO, R.B., Antony, J. Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects in Organizations. **The TQM Magazine**, v.14, pp. 92-99, no.2, 2002.

DONADEL, Daniel C. **Aplicação da metodologia DMAIC para redução de refugo em uma indústria de embalagens.** São Paulo, 2008. 122 p.

DEOLINDO, V. Planejamento Estratégico em Comarca do Poder Judiciário. (Master thesis) J. et al. Study on screw drill wear when drilling X6Cr16Ni8Mo stainless steel. **Journal Manufacturing Engineering**, v.2, p.17-20, 2011.

LUCINDA, Marco Antônio. **Qualidade fundamentos e práticas para curso de graduação.** Rio de Janeiro. Editora Brasport, 2010.

OUCHI, Fabio Y. **Estudo do DFSS (Design for Six Sigma).** Dissertação. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

RISSI, Leandro. **Aplicação da metodologia 6 sigmas para a resolução do problema da falta de acurácia no estoque de uma empresa.** Tese (Conclusão de curso em engenharia de produção) – Universidade de São Paulo, São Carlos. 2007.

ROTONDARO, R. et al. **Seis Sigma:** estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2006.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Seis Sigma.** Belo Horizonte: Werkema, 2004.