

ANÁLISE QUANTITATIVA DA EXTRAÇÃO DE ÓLEO DE SOJA EM UMA AGROINDÚSTRIA

Marcos Aroca (aroca.marcos@gmail.com)

UFMS – UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

Alexandre Meira de Vasconcelos (alexandre.meira@ufms.br)

UFMS – UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

Resumo

O setor agropecuário é responsável por grande parcela do produto interno bruto brasileiro, sendo a soja e seus derivados relevantes para alcançar esse patamar. O objetivo deste trabalho é analisar o processo de extração de óleo de soja em uma agroindústria. Utilizaram-se dados de extração do ano de 2013 e foram analisados por meios estatísticos. Os resultados apontam para extrações fora da especificação, ocasionadas por falhas operacionais, oriundas da principalmente da falta de supervisão e de treinamento.

Palavras-chave: qualidade; análise estatística; óleo de soja; agroindústria; capacidade; cartas de controle.

1. Introdução

O mercado atual das empresas encontra-se em uma constante luta por liderança na quantidade de clientes. Na indústria de alimentos, a busca pela qualidade sugere uma diferenciação importante para um negócio se manter vivo. Assim, indústrias buscam métodos estatísticos, embora a ideia ainda não seja muito difundida pelo setor. Desta maneira, a qualidade fica diretamente relacionada à segurança do consumidor e sanidade do produto, criando um cenário competitivo pautado em métodos estatísticos voltados ao desejo do consumidor (MENDONÇA *et al.*, 2004).

Neste contexto, ineficiências não devem seguir no processo até o consumidor, uma vez que este possui total liberdade de escolha e, como visto, um mercado inteiro disposto a atendê-lo. Consequentemente, sistemas de gestão são contextos recorrentes de grandes, médias e pequenas empresas, e passam a ser requisitos básicos para a sobrevivência do negócio, o que leva o preço a ser definido e negociado pelo consumidor final (ECKES, 2001). Paralelamente, Deming (2003) afirma que sistemas de planejamento e controle da produção e de materiais são áreas de aperfeiçoamento, nas quais empresas baseiam-se esperando melhores previsões, flexibilidade no atendimento ao cliente, melhor utilização da capacidade da empresa, melhoramento contínuo, entre outros fatores que possam trazer competitividade de mercado.

Com passar dos anos, muitas empresas passaram a usar métodos e filosofias para aprimorar uma percepção de qualidade. Um exemplo muito claro é a Toyota, que há muito se posiciona entre as melhores de seu segmento, atestando a importância da qualidade para alcançar esta posição (SPEAR, 2004), começando assim, uma ascensão no mercado mundial. Paralelamente, empresas do mesmo setor começam a buscar os mesmos resultados que a Toyota possui, gerando um mercado extremamente competitivo. Para Ballesterio (2001), o cenário econômico deste século possui uma concorrência que busca a melhoria em razão da competitividade, de maneira que ocorra um progresso contínuo e a máxima redução de desperdícios. O mercado começa a perceber que o sucesso ou lucro, não necessariamente estão associados a maior produção, mas sim à produção com qualidade. Além disso, com as constantes revoluções na manufatura, a facilidade de informação e a fixação de valores na satisfação dos clientes, deixam estes com a total autoridade de exigência, que proporcionalmente ao desempenho das empresas, buscam mais conforto e menos preço, ou então, a qualidade. Por resultado, empresas se veem forçadas a controlar e prever os processos na qual estão inseridas - por serviço ou produto que oferecem (EFSTRATIADIS; KARIRTI, 2000).

Uma grande parcela das empresas na atualidade busca a melhoria de seu processo, a reformulação contínua gerencial, a satisfação do cliente, e a redução de custos por métodos estatísticos (WIKLUND; WIKLUND, 2002), que muitas vezes não são usadas pela complexidade e dedicação que estes estudos necessitam para serem realizados. Contudo, é necessário que haja um esforço coletivo, de todos os envolvidos em um processo, de maneira que o coletivo consiga diferenciar-se em uma cultura já predominante, uma que não possua a filosofia de melhoria contínua, com a finalidade de contornar e sobrepor esta ideia já ultrapassada. Entre uma infinidade de metodologias e estudos, o 6sigma é o mais aplicado e estudado no mundo (HUNG; SUNG, 2011). Esta metodologia busca ajudar no controle de aspectos de um processo, buscando previsões, flexibilidade sobre a solicitação do consumidor e uma maior utilização da capacidade do processo (ARNOLD, 1999).

Nesta realidade de mercado, a indústria de alimentos também caminha em busca de melhor satisfazer clientes utilizando todas as ferramentas possíveis para garantir a qualidade do produto oferecido e a segurança daqueles que o consomem. Este ramo industrial possui uma exigência diferenciada no quesito qualidade, pois esta será diretamente relacionada à segurança e saúde do consumidor. Assim, é imprescindível que os líderes de indústrias alimentícias tenham este conhecimento e esta cultura de melhoria, buscando a estabilidade do processo, além da padronização, ou superação, com a realidade do mercado. E um caminho seguro para este objetivo é a utilização do método 6sigma, que é uma alternativa que pode trazer uma melhora significativa no negócio, por ser uma metodologia baseada em dados estatísticos e desejo do consumidor (SANTOS; MARTINS, 2008).

Para toda melhora é preciso que haja uma situação promissora. O setor agropecuário, ao longo dos anos, tem crescido de maneira exponencial e assim, alcançando níveis de extrema importância para a economia brasileira. No início desta década, este setor foi responsável por aproximadamente 20% do Produto Interno Bruto brasileiro (CEPEA, 2011), além de possuir 40% do número total de exportações no mesmo período (ABIA, 2013). Estes dados demonstram a real oportunidade que este setor no mercado nacional possui para o desenvolvimento, de modo que líderes de indústrias e negócios precisam buscar a capacitação e atualização constante, conseguindo por fim, o desenvolvimento de um negócio e o sucesso de mercado. Consequentemente, uma vez que uma parcela de mercado cresce, o desenvolvimento pode ser coletivo, abrangendo todo o Brasil, considerando que os resultados serão refletidos em todo território nacional.

O objetivo deste trabalho é analisar o processo de extração de óleo de soja em uma agroindústria. Logo, busca-se explorar o desenvolvimento desta indústria no grande mercado diversificado e competitivo da nossa atualidade (COUNCIL, 2007). Para isso, um estudo cuidadoso foi realizado durante um ano inteiro, realizando a coleta de dados sobre o produto na chegada à fábrica, *in-process*, e o resultado obtido no produto final. Os testes foram realizados pelo laboratório da própria empresa, sendo coletadas as amostras diariamente com específicas paradas justificadas. Com isso, um mapeamento do processo pôde ser feito para que todas as informações quantitativas, e estatísticas, pudessem ser esclarecidas e usadas para futuros projetos de melhoria. Os estudos realizados buscam o esclarecimento sobre alguns pontos específicos do processo, tendo por base a metodologia 6sigma, mas não esta propriamente aplicada.

2. Referencial Teórico

Assim como no mercado, a literatura possui infinitas definições sobre o que é Qualidade. Em muitos casos, está associada com as características de um produto que atendem as necessidades daqueles que o consomem. Desta forma, qualidade está associada ao maior custo de produção: quanto maior a qualidade, maior o custo. Em contrapartida, há gerentes da atualidade que têm associado qualidade à inexistência de defeitos ou erros de processo. Com esta nova ideia, qualidade é relacionada à menor custo, em longo prazo (JURAN; GODFREY, 1998).

A qualidade sempre sofrerá mudanças ao longo do tempo, cabe à indústria percebê-las e acompanhá-las. Para Miguel (2001), qualidade tem se modificado desde o século passado com o início da era industrial. Naquele tempo, era conferida apenas pelos artesãos que trabalhavam em um produto. Hoje, a realidade passa essa responsabilidade para o consumidor

final, que dita àquilo que precisa consumir. Paralelamente, para Ishikawa (1993), qualidade está associada a produtos mais baratos, úteis e satisfatórios para o consumidor. Já Campos (1992), define um produto de qualidade como aquele que atende perfeitamente o cliente, que traz confiança e segurança, no tempo combinado, e ainda, de forma acessível ao bolso do consumidor. Por fim, Tolovi (1994) confirma que não há retrocidade quando o assunto é qualidade, e que possuir um pensamento de continuidade é condição básica para uma empresa colocar seu produto no mercado.

Um fator muito importante sobre a qualidade é que ela não é uma filosofia ou metodologia de utilidade isolada, esta precisa ser mantida e tratada como um comportamento contínuo, observando as mudanças de processo e mercado e adaptando-se às mudanças, presentes ou futuras (DEMING, 1982). Com isso, há 14 princípios, desenvolvidos por Deming (2003), que expressam fatores que interferem diretamente neste processo contínuo que definem a filosofia Qualidade. Primeiramente, um empreendimento deve possuir um objetivo muito claro e todos os envolvidos devem segui-lo, a fim de criar uma constância no processo, buscando a competitividade de mercado. Para isso, os gestores devem estar sempre atualizados com as mudanças no mercado, buscando novos desafios e assumindo a liderança de um time. Deve-se também, acabar com o paradigma de inspeções em massa, uma vez que exista uma filosofia de melhoria implementada em todo o processo, o final será a consequência de bons resultados ao longo do processo. Logo, preço não mais define grandes decisões, mas discussões com a visão no futuro.

Com a filosofia de melhoria contínua, é necessário o acompanhamento das mudanças com treinamentos periódicos, como um instrumento de desenvolvimento do time. Assim, supervisores, gerentes, operadores e afins devem caminhar juntos em prol do desenvolvimento da empresa, e o receio da hierarquia não deve afetar o processo ou decisões recorrentes. Logicamente, as barreiras entre áreas também não devem existir, de maneira que a informação flua continuamente, para todos que precisam ou se interessam por ela (DEMING, 2003).

Um ponto bastante importante também é a eliminação de quotas numéricas, uma vez que nesta nova ideia, quantidade não representa qualidade. Também vale citar a importância da experiência de quem está diretamente envolvido com o processo e a ciência de não privar nenhum funcionário de sentir orgulho de seu trabalho, reconhecendo inclusive os méritos conquistados (DEMING, 2003).

No aspecto estatístico, o 6sigma é uma metodologia que se baseia em dados para a tomada de decisão, na qual ajuda o empreendimento a evitar ou reduzir o desperdício relacionado à baixa qualidade, retrabalho ou defeitos - resultando na melhoria da eficiência e eficácia de todo o processo (BREYFOGLE, 1999). O que mais impressiona no uso desta metodologia é que esta pode ser utilizada por empresas de qualquer setor, uma vez que é uma estratégia gerencial que visa o desempenho de um negócio, reduzindo ao máximo a variação do processo - tempo de start-up, custos, retrabalhos, defeitos e estoques.

Portanto, este estudo usa os conhecimentos da metodologia 6sigma, alinhados com a percepção de melhoria contínua de sistemas Lean, para a análise quantitativa da situação da fábrica com a finalidade de identificar desvios produtivos e seus possíveis causadores para, desta forma, atingir uma melhoria na qualidade do produto e do processo produtivo.

3. Procedimentos Metodológicos

O processamento da soja é dividido em grandes áreas, para este estudo são importantes o processo de recebimento da soja, preparação e extração do produto. O recebimento, a ponta do processo, também divide-se em alguns sub-setores e tem por objetivo garantir a qualidade da soja que entra na fábrica e o armazenamento seguro, que evite a contaminação do grão, além de obter as características necessárias para a entrada do produto no processo.

Primeiramente, o caminhão com o produto passa por uma balança para que a quantidade de entrada do processo seja documentada, o que assegura os dados oferecidos pelo fornecedor. Neste momento, a primeira análise sobre a qualidade do produto é feita, começando por um operador treinado que faz uma amostragem do conteúdo do caminhão, analisando se há ou não uma mistura de produtos na pesagem conferida na balança. A análise é dividida em duas etapas: a primeira é chamada de “teste cego” e consiste em uma análise apenas visual do produto; já a segunda, é realizada por equipamentos adequados e automatizados em paralelo com as amostras enviadas ao laboratório da fábrica. Para isso, este operador necessita ter equipamentos específicos em seu posto de trabalho, e precisa consequentemente, manter este ambiente limpo para que não ocorram erros de análise nem discordância nos parâmetros necessários para que o produto seja aprovado para continuar no processo. Logicamente, a quantidade de amostras depende do tipo de veículo que transporta o produto. Nesta primeira fase, vários aspectos são levados em conta, como umidade; quantidade de grão fermentado, germinado, danificado e/ou mofado; grãos partidos, quebrados, picados por insetos e impurezas. Estas análises são de extrema importância para todo o processo, pois o produto final agrega um grande valor, além da confiança daqueles que consomem a marca. Assim, o padrão de qualidade deve sempre manter-se rigoroso a fim de atender todas as expectativas.

Com o sinal positivo de ambas as análises, o caminhão é liberado e o produto pode ser encaminhado para a tombagem, onde o grão é derrubado em um sistema de transporte e começa o processo da produção. O sistema de transporte encaminha o grão para um sistema de peneiras, na qual ajuda na separação de finos e impurezas fora das especificações desejadas. Feito isso, o produto segue em um novo sistema de transporte, que encaminha-o para um processo de secagem.

O grão da soja, normalmente, chega nesta etapa com uma média de 18% de umidade. Quando o grão entra no secador, este tem esta carga reduzida para aproximadamente 14% e é encaminhado para um silo de armazenagem, onde devido ao sistema de aeração, pode ter a carga de umidade reduzida novamente, alcançando uma média de 12%. Este primeiro silo é conectado com o segundo secador, para aproveitamento de calor dentro deste sistema, e o grão passa por um novo processo de secagem chegando a 10% de umidade. Após estas etapas, o grão é encaminhado para o armazém, até que o processo se inicie para a preparação.

O processo de preparação do grão consiste em deixar o grão apto para a máxima eficácia do processo de extração. Para isso, o grão é novamente peneirado e então, encaminhado para pesagem. Na balança, o grão é devidamente pesado por um sistema intermitente, na qual é controlada por uma carga de ativação. Desta forma, a quantidade exata de produto que entra no processo pode ser controlada. Após ser pesado, o grão passa por um quebrador que parte o grão em oitavos, com o objetivo de separar a casca da polpa. Esta etapa é importante, pois a casca não contém uma carga adequada de óleo e quebrado, não há risco de perda de óleo da

polpa. Com isso, o grão quebrado passa por um processo de aspiração para que a polpa, mais pesada, passe direto por esse processo. Em contrapartida, a casca é aspirada e encaminhada para um ciclone - para separação de possíveis polpas que foram aspiradas.

As polpas são encaminhadas para um condicionador para serem aquecidas a aproximadamente 60°C. Depois de condicionado, o produto é encaminhado para um segundo aspirador para uma nova separação. Isto ocorre porque no condicionador é possível que o grão solte pequenos fragmentos de casca no aquecimento. Novamente, as cascas são encaminhadas para um ciclone para serem separadas de possíveis polpas aspiradas no processo.

O produto aquecido é encaminhado para uma etapa chamada de Laminação. A laminação, com a utilização de laminadores em paralelo, tem por objetivo facilitar a extração do óleo através das lâminas, que passam a possuir uma superfície de contato maior, maximizando a reação com o solvente. Concluída esta etapa, o produto é encaminhado para a área da extração de óleo.

Na área da extração, esta é conduzida através de lavagens com um solvente orgânico. O solvente utilizado para este processo é o hexano, que possui um ponto de ebulição próximo de 70°C. Este solvente é utilizado por possuir determinadas características que auxiliam na obtenção do produto final. O hexano promove uma dissolução do óleo com facilidade, sem interferir em outros componentes físico-químicos do grão, possui uma composição homogênea e imiscibilidade em água. A extração se inicia com a entrada das lâminas de soja no extrator, onde ocorre uma série de lavagens com o hexano puro, gerando um produto que é chamado de micela, solução de hexano e óleo de soja, ao longo da extensão do extrator. No final do equipamento, as lâminas são encaminhadas para a dessolventização, enquanto a micela segue para um processo de destilaria, onde será processada para a obtenção do óleo retirado da micela.

Na dessolventização do produto encaminhado do extrator, o processo faz com que o farelo de soja seja carregado para um equipamento que possui um fluxo descendente com a injeção de vapor indireto no farelo contendo hexano. O objetivo desse equipamento é reduzir a concentração de hexano para 2% no farelo. Após esta etapa, o farelo segue para um equipamento conhecido como *Vaccum Assited Desolventizer*, ou VAD, para a remoção quase total do hexano ainda existente no farelo. O VAD é composto de algumas bandejas, nas quais trabalham com vapor saturado indireto sobre média pressão, vapor super aquecido, para realizar a secagem do produto, e resfriamento com auxílio de sopradores de ar. Assim, ciclones operam na saída desse equipamento, com a finalidade de recuperar o farelo que pode ter sido arrastado pela injeção de vapor e ar durante o processo de dessolventização. O hexano recuperado neste processo é encaminhado para um condensador e então, segue para o processo de destilaria e separação do hexano da água, que pode ter se juntado com a série de injeção de vapores.

O farelo de soja já livre de solvente é encaminhado para outras etapas do processo, para que possa ser reprocessado de diversas maneiras para a obtenção de diversos outros produtos derivados do farelo da soja.

4. Resultados

Para a realização deste estudo, vários aspectos e situações foram levados em conta. Muitas vezes, a experiência em campo pode atrapalhar uma visão mais detalhada de um processo. Logo, nenhum dado deve ser deixado de lado quando o assunto é estatística (JOHNSON;

WICHERN, 2014). Os dados para este estudo foram coletados em parceria com o laboratório existente na fábrica em questão, possuindo a amostra e a contra-amostra em todas as ocasiões, pela importância de manter a qualidade e a precisão do processo trabalhado. O objetivo da coleta desses dados é de precisar a quantidade de óleo residual no produto no final de todo o processo de extração. Assim sendo, com estes dados é possível perceber padrões, tendências, ou erros em geral em um determinado período de tempo.

Primeiramente, um fator a ser analisado é a quantidade de produto que chega à área da extração. Durante o ano analisado, o levantamento pode ser visto no gráfico abaixo:

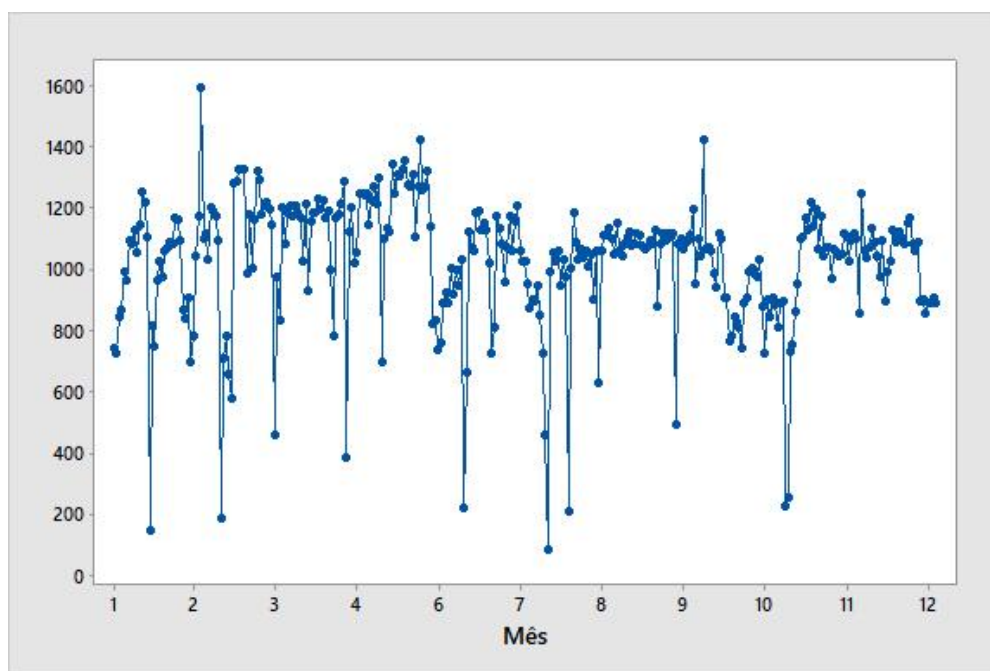


Figura 01 – Tonelada de produto no início do Processo

FONTE: Próprio autor.

Para esta série, foram excluídos os valores que representam o período de tempo de paradas programadas e paradas por questões da safra. Com isso, é possível afirmar que a média de produção que é processada pela extração é de 913,6 toneladas por dia. Estes dados estão levando em consideração as paradas programadas e àquelas por motivos de desvios de processo. Com estes números, é possível analisar alguns parâmetros sobre o processo, usando também as características esperadas do produto no final do processo. Logo, o próximo passo a ser feito é verificar o comportamento dessas características ao longo do ano analisado:

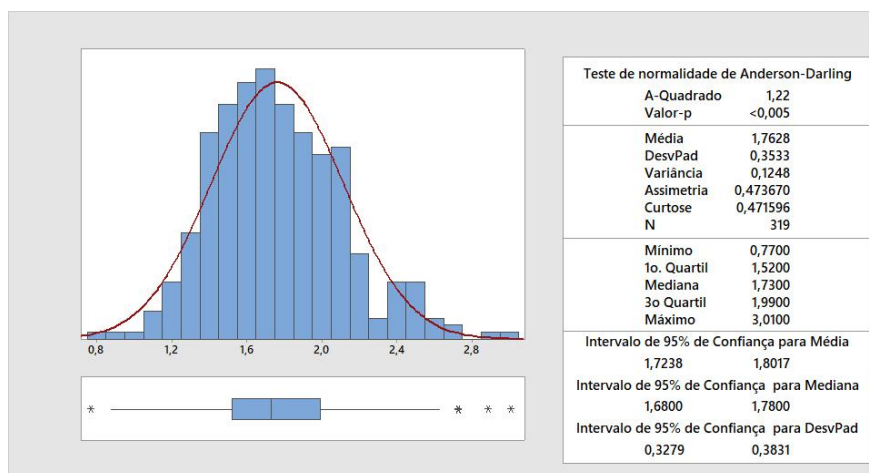


Figura 02 – Histograma para a porcentagem de óleo
FONTE: Próprio Autor.

O valor desejado para a porcentagem de óleo final é de 2%, mas há limites que podem ser usados sem que ocorra a perda da qualidade do produto. Na análise acima, há alguns pontos que podem ser discutidos neste momento. Em estudos estatísticos, o valor-p, muitas vezes, deve ser maior ou igual a 0.05 para ser considerado um estudo “normal”. Contudo, esta normalidade dificilmente é encontrada em estudos com dados reais de processamento. Logo, é dito para seguir com o estudo, mesmo com o valor-p menor que 0.05, para amostras maiores que 100, se a análise comportar-se como uma curva normal (DE MAST; LOKKERBOL, 2012). Paralelamente, é possível notar que a média geral é ligeiramente abaixo do valor esperado das amostras. Para saber a real consequência deste fato, é possível realizar a análise de capacidade do processo.

Baseado neste estudo é possível verificar que o processo está levemente alinhado com o alvo. Contudo, pela grande quantidade de amostras, ao longo do ano, esta variação gera valores para Cpk e Ppk, respectivamente, de 0,76 e 0,72. Estes valores, estatisticamente correspondem a processos incapazes ou fora de controle, e representam a realidade do processo baseado nos dados apresentados. Contudo, ao tomarmos os valores Cp e Pp, que podem ser considerados como a melhor situação que este processo pode enfrentar (DE MAST; LOKKERBOL, 2012). Para estes, respectivamente, os valores são 0,90 e 0,85.

Estes valores podem trazer diversas interpretações, principalmente por serem baseados em um estudo real, no qual dificilmente seguirão padrões estabelecidos pela literatura. É possível levar em conta que os valores Cp e Pp estão próximos dos valores Cpk e Ppk. Isso demonstra que, apesar do processo estar estatisticamente incapaz, ele trabalha próximo de seu limite possível. Não obstante, isso não tira a importância de ressaltar que o processo necessita de uma centralização em seus valores ou então, uma melhoria de seu processo para que mais amostras encontrem o valor alvo do processo, 2%.

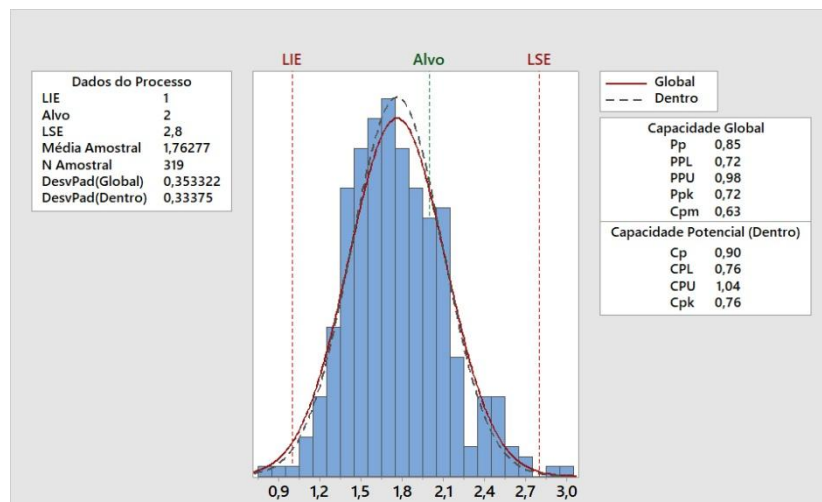


Figura 03 – Estudo da Capabilidade

FONTE: Próprio Autor

Para que seja possível ser ainda mais exato na afirmativa de que o processo está, estatisticamente fora de controle, é necessária a realização de cartas de controle, que podem apontar exatamente onde está o problema - de acordo com a necessidade da análise. Neste caso, as cartas de controle foram associadas à capabilidade do processo:

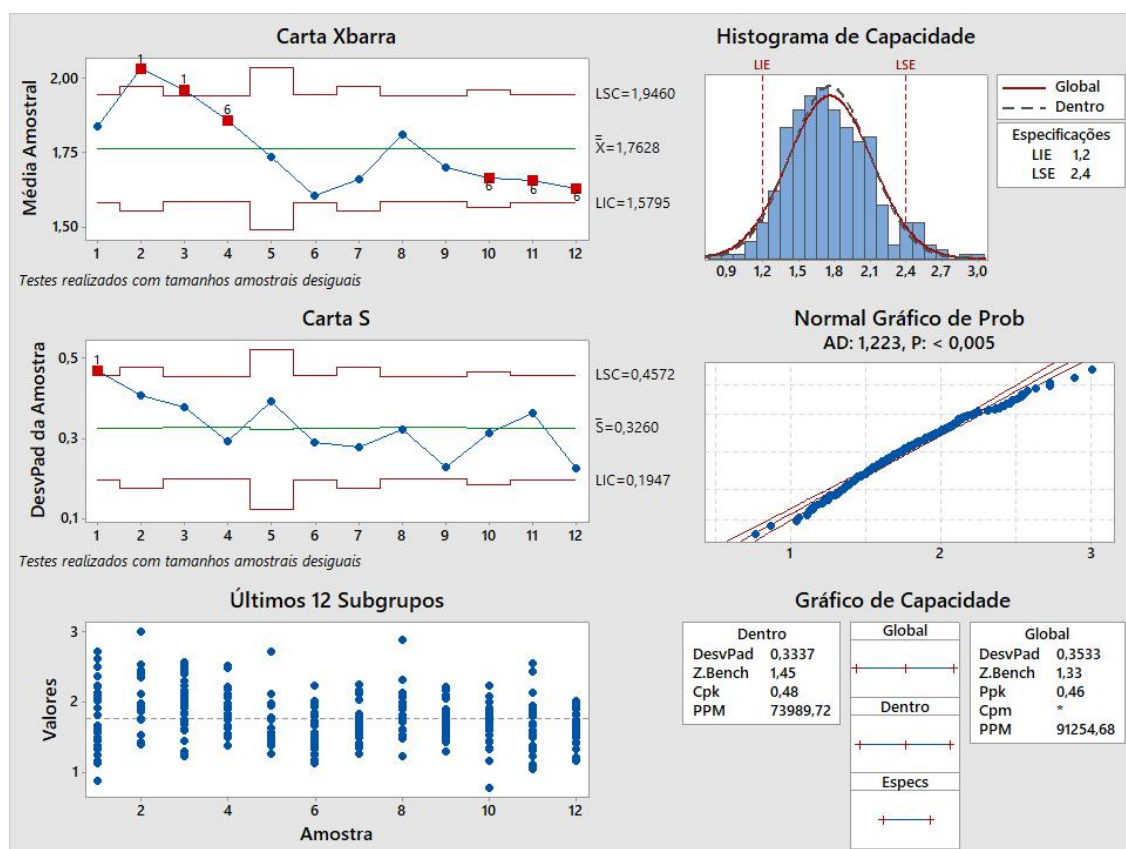


Figura 04 – Cartas de Controle

FONTE: Próprio Autor

De acordo com a análise (FIGURA 04), o processo demonstra poucos pontos fora dos limites de média amostral e desvio padrão, dando a entender que o processo não está sob controle, por conta de poucos determinados pontos. Com isso, é possível identificar quando os problemas ocorreram, uma vez que a análise foi dividida em subgrupos relacionados aos meses do ano em questão. Neste período identificado, no começo e final do ano, não houve a troca de instrumentos ou de pessoal para a realização destes testes, o que já descarta um dos problemas que pode corromper testes e prejudicar análises de controle.

Neste momento há provas matemáticas que o processo necessita de uma melhoria. Consequentemente, a busca pela causa dessa grande variância de processo se vê necessária e muito importante. Logo, uma análise para encontrar, dentro do processo, o que poderia causar qualquer interferência nestes valores, causando, então, uma variação indesejável. Para isso, estudos de correlação foram realizados para colocar esta hipótese à prova. Nestes estudos, foram usados dados de clima ao longo do ano, como: temperatura média, quantidade de chuvas, umidade relativa média e quantidade de material entrando no processo - com o objetivo de provar que houve uma sobrecarga no processo, neste período. Como resultado, teve-se:

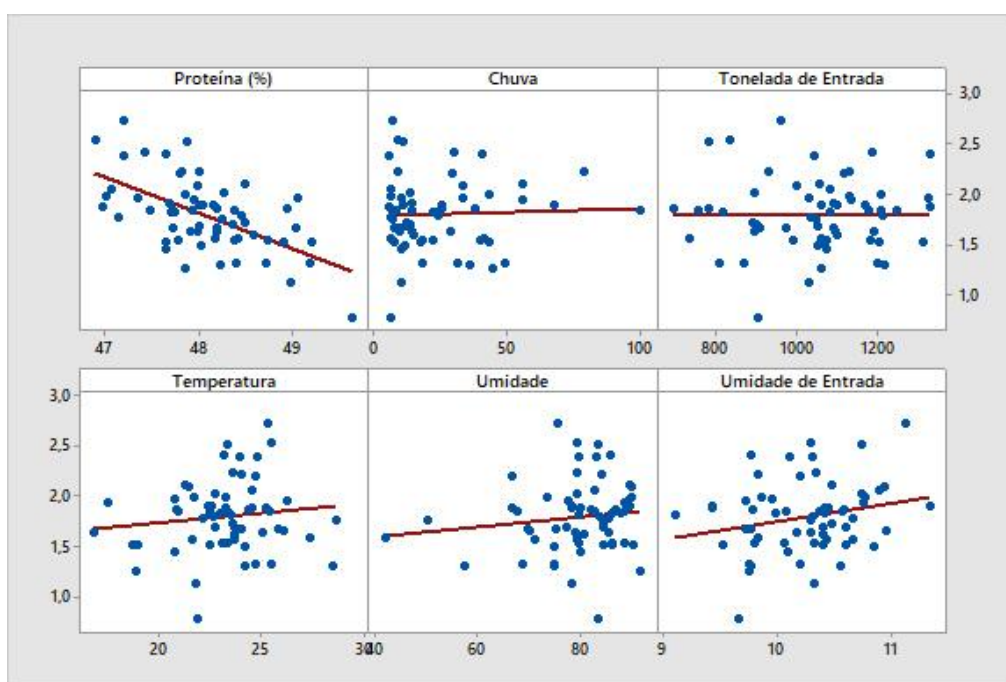


Figura 06 – Gráficos de Correlação.
FONTE: Próprio autor.

É possível verificar que a porcentagem de óleo final não está correlacionada com nenhuma variável externa ao processo. Afirmando o fluxo deste processo, há uma correlação negativa e baixa entre a porcentagem de proteína final e a porcentagem de óleo. Logicamente, pois a ideia de todo o processo é remover o máximo possível de óleo, deixando espaço para a proteína, que é reprocessada em outras etapas da fábrica.

Por fim, como não há correlação entre fatores externos ao processo e não houve sobrecarga de alimentação neste período, é possível sugerir que os erros que estão sendo apresentados são de origem operacional, nos quais devem ser trabalhados no dia a dia, além da continuidade na observação das mudanças refletidas na capacidade do processo, que deve ser realizada.

5. Considerações Finais

Esta análise teve por finalidade o esclarecimento do funcionamento de uma indústria de extração de soja e como alguns fatores operacionais podem interferir no resultado final do produto, afetando diretamente a capacidade do processo, no qual pode ser observado por cartas de controle e estudos com limites operacionais. Com isso, fica matematicamente provada a relação de alguns fatores e qual o peso destes nos valores reais de capacidade e controle de processo.

Consequentemente, é possível chegar a respostas baseadas nos estudos apresentados, de maneira que, a partir desta análise, uma filosofia de continuidade entre em vigor no ambiente e para os responsáveis envolvidos, para que estes busquem mais a fundo as raízes dos desvios descobertos, de maneira a melhorar a qualidade do produto e tornar a fábrica de extração um processo que corresponda a um sistema de qualidade ainda mais elevado.

Com este estudo, conclui-se que os desvios do processo em questão não estão relacionados a fatores externos ao processo, nem à sua alimentação, o que poderia causar sobrecarga no sistema. Logo, é possível afirmar que os desvios são gerados por transviamentos operacionais. Com isso, é esperado que aconteça uma melhoria por observação do pessoal, treinamentos constantes, reciclagem de conhecimentos, entre outros. Sugere-se uma relação estreita entre a liderança e os operadores da extração, para que assim, a melhoria do processo se dê de maneira uniforme por toda a hierarquia existente na fábrica, refletindo diretamente na qualidade do produto final.

6. Referências

- ABIA. **O setor em Números**. Associação Brasileira das Indústrias da Alimentação 2013.
- ARNOLD, J. R. T. **Administração de materiais: uma introdução**. São Paulo: Atlas, 1999.
- BALLESTERO-ALVAREZ, M. E. **Administração da qualidade e da produtividade: abordagens do processo administrativo**. São Paulo: Atlas, 2001.
- BREYFOGLE, F. W. **Implementing Six Sigma: Smarter Solutions using Statistical Methods**. New York: John Wiley, 1999.
- CAMPOS, V. F. TQC: controle da qualidade total. **Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni**, v. 11, 1992.
- CEPEA. **PIB do Agronegócio**. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. <http://cepea.esalq.usp.br/pib/> 2011.
- COUNCIL, U. U. O. C. D. Cooperatives: Pathways to Economic, Democratic and Social development in the Global Economy. www.coopdevelopmentcenter.coop/OCDC/CoopPathwaysReport, 2007.
- DE MAST, J.; LOKKERBOL, J. An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. **International Journal of Production Economics**, v. 139, n. 2, p. 604-614, 2012. ISSN 0925-5273.

DEMING, W. E. **Quality, Productivity and Competitive Position**. Cambridge: MIT Press, 1982.

_____. **Saia da Crise, as 14 lições definitivas para controle da qualidade**. São Paulo: Editora Futura, 2003. 512.

ECKES, G. **A Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transmormar processos em lucro**. Rio de Janeiro: Editora Campos, 2001. 270.

EFSTRATIADIS, M. M.; KARIRTI, A. C. Implementation of ISO 9000 to the food industry: An overview. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 51, n. 6, p. 459-473, 2000.

HUNG, H.-C.; SUNG, M.-H. Applying sig sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. **Scientific Research and Essays**, v. 6, n. 3, p. 580-591, 2011.

ISHIKAWA, K. **What is Quality Control? The Japanese Way** Prentice Hall, 1993. 240.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. Prentice-Hall New Jersey, 2014.

JURAN, J. M.; GODFREY, A. B. **Juran's Quality Handbook**. 5 ed. McGraw-Hill, 1998.

MENDONÇA, M. M. F.; SÃO JOSÉ, E. B.; COSTA, S. R. R. Estudo da Gestão da Qualidade Aplicada na Produção de Alimentos. **Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, n. 24º ENEGEP, p. 1566-1572, 2004.

MIGUEL, P. A. C. **Qualidade: Enfoques e ferramentas** São Paulo: Artibler Editora. 1 2001.

SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. **Gestão & Produção**, v. 15, n. 1, p. 43-56, 2008.

SPEAR, S. J. Learning to Lead at Toyota. **Harvard** v. 1, n. 05/04, p. 54-63, 2004.

TOLOVI JR, J. Por que os programas de qualidade falham? **Revista de Administração de Empresas**, v. 34, n. 6, p. 6-11, 1994.

WIKLUND, H.; WIKLUND, P. Widening the Six Sigma concept: An approach to improve organizational learning. **Total Quality Management**, v. 13, n. 6, p. 233-252, 2002.