



## Análise quantitativa do processo de uma agroindústria

Marcos Aroca<sup>1</sup>, Alexandre Meira de Vasconcelos<sup>2</sup> e Diego Rorato Fogaça<sup>3</sup>

O setor agropecuário é responsável por parcela significativa do Produto Interno Bruto brasileiro, que tem a soja e seus derivados como um dos seus principais contribuintes para o alcance desse patamar. Assim, objetivo deste trabalho é descrever e analisar o processo de extração de óleo de soja em uma agroindústria. Para isso, utilizaram-se dados de extração do ano de 2013, que foram analisados por meios estatísticos. As cartas de controle mostraram que os fatores Cp e Pp, bem como Cpk e Ppk, estavam próximos, porém fora de controle. Os resultados indicam que fatores externos não estão correlacionados ao controle do produto final e reforçam a importância do conhecimento aprofundado dos processos produtivos.

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

## A quantitative analysis of an agroindustry process

The Brazilian agriculture sector is responsible for a great amount of its gross domestic product, which has the soy and its derivatives as its main contributors. The objective of this project is to describe and analyze a soybean extraction process of an agribusiness industry. For this project, extraction data from 2013 were used in order to create a statistical analysis. The control charts show that the factors Cp and Pp, as well as Cpk and Ppk were close, but no-control significance. The results demonstrate that external factors are not correlated to the final product control, reinforcing the importance of deep knowledge about the manufacturing steps.

**Keywords:** quality; statistical analysis; soy oil; agribusiness; capability; control charts.

---

1- Acadêmico do curso Engenharia de Produção; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul; (67) 99208-8007. [aroca.marcos@gmail.com](mailto:aroca.marcos@gmail.com). Endereço para Correspondência: R. Vera Cruz, 928, Vila Morumbi, Campo Grande, MS.

2- Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais; Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. (67) 3345-7099. [alexandre.meira@ufms.br](mailto:alexandre.meira@ufms.br).

3- Professor assistente da Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

## INTRODUÇÃO

O mercado empresarial nos dias atuais encontra-se em uma constante luta por liderança na quantidade de clientes. Na indústria de alimentos não é diferente: a busca pela qualidade na produção indica uma diferenciação importante para um negócio se manter vivo. É crescente a quantidade de indústrias que buscam métodos estatísticos para aperfeiçoar processos e provocar melhorias – ainda que a ideia não seja muito difundida pelo setor. Assim, as indústrias de alimentos priorizam um conceito de qualidade diretamente relacionado à segurança do consumidor e à sanidade do produto, criando, dessa forma, um cenário competitivo pautado em métodos estatísticos voltados ao desejo do consumidor <sup>[1]</sup>.

Neste contexto, ineficiências não devem seguir no processo até o consumidor, uma vez que este possui total liberdade de escolha e um mercado inteiro disposto a atendê-lo. Consequentemente, grandes, médias e pequenas empresas passam a adotar sistemas de gestão como requisitos básicos para a sobrevivência do negócio, o que leva o preço a ser definido e negociado pelo consumidor final <sup>[2]</sup>. Sobre sistemas de planejamento e controle da produção, Deming <sup>[3]</sup> define como 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.

Ao longo dos anos, muitas empresas passaram a usar métodos e filosofias para alcançar parâmetros de qualidade. Um exemplo muito claro é o da indústria automobilística Toyota, que figura entre as melhores de seu segmento, atestando a importância da qualidade para alcançar esta posição <sup>[4]</sup>. Para Ballesteros <sup>[5]</sup>, 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 à maior produção, mas sim à produção com qualidade. Por resultado, empresas se veem forçadas a controlar e prever os processos na qual estão inseridas – por serviço ou produto que oferecem <sup>[6]</sup>.

Uma grande parcela das empresas no mercado busca a melhoria de seu processo, a reformulação contínua gerencial, a satisfação do cliente e a redução de custos por métodos estatísticos <sup>[7]</sup> que muitas vezes não são usadas pela complexidade e dedicação que estes estudos necessitam para serem realizados.

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 está diretamente relacionado à segurança e saúde do consumidor. Além disso, o Brasil é signatário dos Direitos Humanos à Alimentação Adequada (DHAA), o que faz deste um país responsável na posição de provedor de alimentos à população <sup>[8]</sup>.

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 da década de 2010, este setor foi responsável por aproximadamente 20% do Produto Interno Bruto <sup>[9]</sup>, além de ser responsável por 40% do número total de exportações no mesmo período <sup>[10]</sup>. O comércio da soja, que no Brasil tomou forma apenas na década de 1960, hoje está nas posições de liderança do *ranking* mundial, mostrando o poder do produto no aspecto global <sup>[11]</sup>.

O objetivo deste trabalho é analisar e descrever o processo de extração dentro de uma indústria de alimentos, por meio de um

estudo de caso de uma fábrica de extração de óleo e proteína de soja. Logo, busca-se explorar o desenvolvimento desta indústria no grande mercado diversificado e competitivo da nossa atualidade <sup>[12]</sup>.

## MATERIAL E MÉTODOS

Neste estudo são utilizados os conhecimentos da metodologia seis sigma, que, no aspecto estatístico, 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 <sup>[13]</sup>. O que mais impressiona no uso da metodologia é a possibilidade de utilização 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.

O estudo foi realizado durante o período de doze meses, que incluiu a coleta de dados da chegada do produto à fábrica, seu processo de fabricação e o resultado obtido no produto final. Os testes realizados foram feitos em laboratório da própria empresa, sendo coletadas as amostras diariamente com específicas paradas justificadas. Com isso, um mapeamento do processo pode ser feito para que todas as informações quantitativas, e estatísticas, pudessem ser esclarecidas e usadas para futuros projetos de melhoria. O objetivo da coleta dos dados é de precisar a quantidade de óleo residual no produto no final de todo o processo de extração. Com o resultado, é possível perceber padrões, tendências, ou erros em um determinado período de tempo.

## O PROCESSO ESTUDADO

O processamento da soja é dividido em grandes áreas, no entanto, para este estudo, são

importantes o processo de recebimento da soja, a preparação e a extração do produto. O recebimento – o início do processo –, também se divide em alguns subsetores e tem por objetivo garantir a qualidade da soja que entra na fábrica e o armazenamento seguro, evitando a contaminação do grão, além de obter as características necessárias para a entrada do produto na fábrica.

O processo se inicia com a pesagem do caminhão com o produto na balança, para que a quantidade de entrada do processo seja documentada, com a devida aferição dos dados oferecidos pelo fornecedor. A seguir, a primeira análise sobre a qualidade do produto é feita por um operador treinado que seleciona uma amostragem do conteúdo do caminhão, analisando se há ou não uma mistura de produtos na carga. 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 das amostras enviadas ao laboratório da fábrica. Para isso, o operador necessita de equipamentos específicos em seu posto de trabalho, além da manutenção do ambiente limpo para que não ocorram erros de análise nem discordância nos parâmetros necessários para que seja aprovada a continuidade do produto no processo. 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, pois o produto final agrega um grande valor pautado, entre outros, na confiança daqueles que consomem a marca. Assim, o padrão de qualidade deve manter-se permanentemente com rigor a fim de atender todas as expectativas.

Com o sinal positivo das análises, o produto é encaminhado para a tombagem, onde o grão é

despejado em um sistema de transporte e tem início o processo da produção. O grão é transportado para um sistema de peneiras, que faz a separação de finos e impurezas fora das especificações desejadas. A seguir, o produto prossegue em um novo sistema de transporte, que o encaminha para o processo de secagem. Nesta etapa, o grão da soja apresenta, em média, 18% de umidade. Ao passar pelo secador, sua carga de umidade é reduzida para aproximadamente 14%. Já no silo de armazenagem, onde devido ao sistema de aeração, o grão de soja pode ter a carga de umidade reduzida novamente, alcançando uma média de 12%.

No primeiro silo, que é conectado com o segundo secador – para aproveitamento de calor dentro deste sistema, 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.

No processo de preparação, o grão alcança a aptidão necessária para a máxima eficácia do processo de extração. Para isso, o grão é novamente peneirado e encaminhado para pesagem. Já na balança, é devidamente pesado por um sistema intermitente controlado por uma carga de ativação. Desta forma, a quantidade exata de produto que entra no processo pode ser controlada. Após a pesagem, o grão passa por um quebrador que parte o grão em oitavos, com o objetivo de separar a casca da polpa. Esta é uma etapa importante, já que a casca não contém uma carga adequada de óleo e a soja, quando quebrada, reduz-se o 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. Já a casca é aspirada e encaminhada para um ciclone, que faz a separação de possíveis polpas que foram aspiradas indevidamente.

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 por meio 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, o processo é conduzido 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, além de possuir 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, em que 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

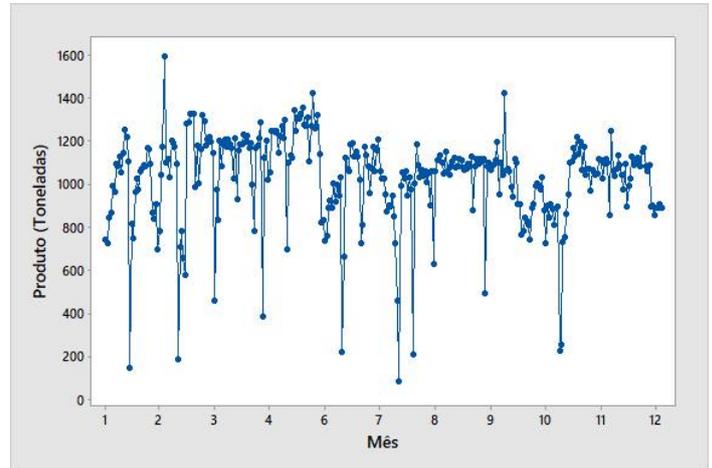
com a injeção de vapor indireto no farelo contendo hexano. O objetivo desse equipamento é reduzir a concentração de hexano para 2% no farelo. Após esta etapa, o farelo segue para um equipamento conhecido como *Vacuum Assisted Desolventizer*, ou VAD, para a remoção quase total do hexano ainda existente no farelo. O VAD é composto de algumas bandejas, nas quais trabalham com vapor saturado indireto sobre média pressão, vapor superaquecido, 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.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

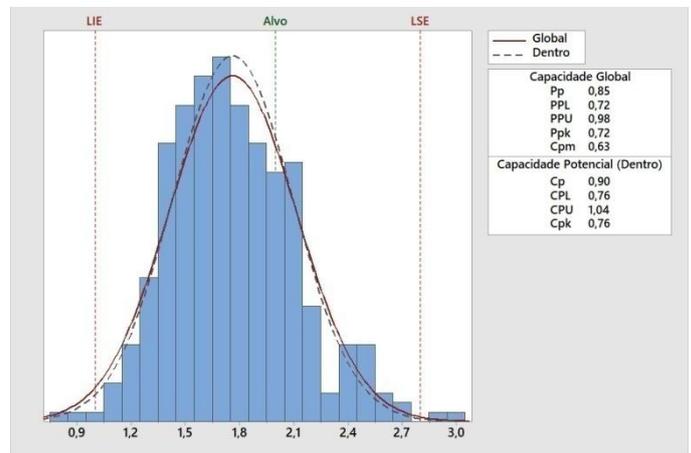
O primeiro fator a ser analisado é a quantidade de produto que chega à área da extração. Durante o período analisado, o levantamento pode ser visto na Figura 1.

Com isso, é possível afirmar que a média de produção que é processada pela extração é de 913,6 toneladas por dia. Cabe ressaltar que estão sendo consideradas as paradas programadas e aquelas por motivos de desvios de processo.



**Figura 01** – Tonelada de produto no início do 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 foi verificar o comportamento dessas características ao longo do período analisado:



**Figura 02** – Relatório de Capacidade do Processo

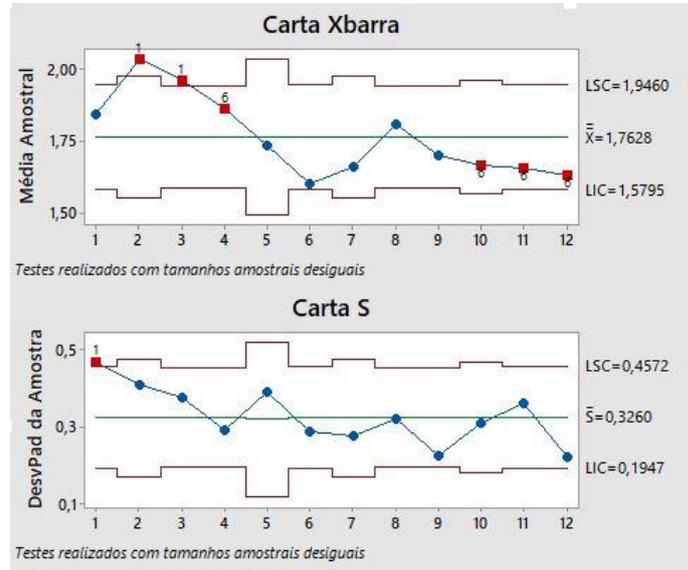
O valor desejado para a porcentagem de óleo final é de 2%, mas há limites que podem ser usados sem que ocorra a perda da qualidade do produto. Neste caso, a amostra pode variar entre 1% e 2,8 % de óleo residual, que são os valores limites para que o processo não sofra alterações significativas. Na análise da Figura 2,

há alguns pontos que podem ser discutidos. 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 <sup>[14]</sup>. 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 abaixo do valor 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 <sup>[15]</sup>. Para estes, respectivamente, os valores são 0,90 e 0,85.

Considerando 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, 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, qual seja, 2<sup>o</sup>%.

Foram elaboradas 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 capacidade do processo.

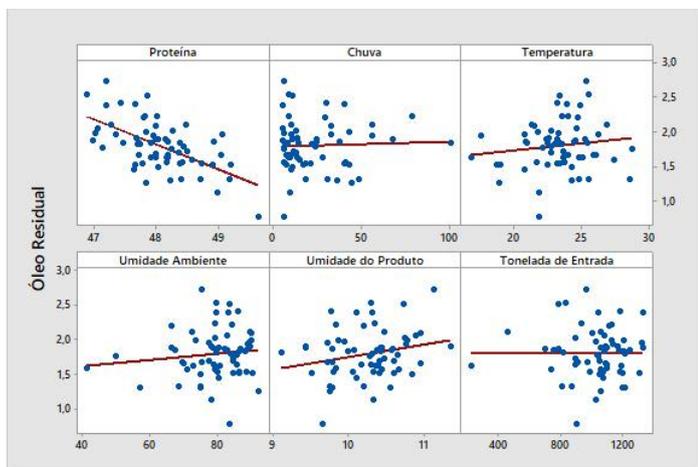


**Figura 03** – Cartas de Controle

De acordo com a análise (Figura 03), o processo demonstra poucos pontos fora dos limites de média amostral e desvio padrão, indicando que o processo não está sob controle. 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, não houve a troca de instrumentos ou de pessoal para a realização destes testes, o que já descarta um dos fatores que podem comprometer testes e prejudicar análises de controle.

Outro fator bastante importante que pode justificar alterações no processo é o clima, ou mudanças climáticas. Este processo também controla o fator umidade do produto na entrada e na saída do processo, então é necessário saber o quanto isso pode ser afetado pela condição climática do ambiente no momento que os grãos entram no processo. 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 – com o objetivo de provar que houve uma sobrecarga no processo de alguma forma, neste

período. Os resultados dessa análise são mostrados na Figura 4.



**Figura 04** – Gráficos de Correlação.

É possível verificar que a porcentagem de óleo final não está correlacionada com nenhuma variável externa ao processo. Analisando o fluxo deste processo, há uma correlação negativa e baixa entre a porcentagem de proteína final e a porcentagem de óleo. Logicamente, uma vez que não há uma porcentagem significativa de óleo no produto, há um valor maior de proteína.

Por fim, é possível afirmar que não há uma relação entre fatores externos e a qualidade do produto final. Com isso, se faz necessário a continuação da procura de causas raiz para as variações encontradas no processo.

## CONCLUSÃO

Este trabalho teve por finalidade a análise e a descrição do funcionamento de uma indústria de extração de soja e a identificação de fatores que podem interferir no resultado final do produto, afetando diretamente a capacidade do processo, o que pode ser observado por cartas de controle e estudos com limites operacionais.

Com este estudo analisa-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 necessário verificar se a variação é gerada por transviamentos internos ao processo. Com isso, é esperado que aconteça uma melhoria por observação do pessoal, treinamentos constantes, reciclagem de conhecimentos, entre outros.

Além disso, esta análise demonstra a importância de um mapeamento e o entendimento de todo o processo, assim como dos fatores externos e internos que podem ser importantes no momento de tomar uma decisão ou sugerir mudanças.

Baseado nos resultados encontrados e na necessidade de uma análise mais detalhada e desenvolvida diretamente com fatores internos do processo, sugere-se uma relação estreita entre a liderança e os operadores da extração, para que assim, a análise do processo se dê de maneira uniforme por todas as etapas, com a finalidade de trazer as melhorias necessárias deste processo.

## REFERÊNCIAS

- [1] Mendonça MMF, São José EB, Costa SRR. Estudo da Gestão da Qualidade Aplicada na Produção de Alimentos. Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 2004(24º ENEGEP):1566-72. Epub 1572.
- [2] Eckes G. A Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro. Rio de Janeiro: Editora Campos; 2001. 270 p.
- [3] Deming WE. Saia da Crise, as 14 lições definitivas para controle da qualidade. São Paulo: Editora Futura; 2003. 512 p.
- [4] Spear SJ. Learning to Lead at Toyota. Harvard 2004;1(05/04):54-63.

- [5] Ballesterro-Alvarez ME. Administração da qualidade e da produtividade: abordagens do processo administrativo. São Paulo: Atlas; 2001.
- [6] Efstratiadis MM, Karirti AC. Implementation of ISO 9000 to the food industry: An overview. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 2000;51(6):459-73.
- [7] Wiklund H, Wiklund P. Widening the Six Sigma concept: An approach to improve organizational learning. *Total Quality Management*. 2002;13(6):233-52.
- [8] Tinoco SGG, Mendes JFR, Figueiredo AC, Costa APR, Leão MM, Santos LMP. Segurança alimentar e nutricional na região centro-oeste: particularidades e contrastes. *Segurança Alimentar e Nutricional*. 2015;18(1):15. Epub 2015-02-09.
- [9] CEPEA. PIB do Agronegócio. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada [Internet]. 2011. Available from: <http://cepea.esalq.usp.br/pib/>.
- [10] ABIA. O setor em Números. Associação Brasileira das Industrias da Alimentação [Internet]. 2013. Available from: [http://abia.org.br/vst/o\\_setor\\_em\\_numeros.html](http://abia.org.br/vst/o_setor_em_numeros.html).
- [11] Amaya-Farfan J, Marcílio R, Spehar CR. Deveria o Brasil investir em novos grãos para a sua alimentação? A proposta do amaranto (*Amaranthus SP*). *Segurança Alimentar e Nutricional*. 2015;12(1):10. Epub 2015-02-03.
- [12] Council UUOCD. Cooperatives: Pathways to Economic, Democratic and Social development in the Global Economy. [www.coopdevelopmentcenter.coop/OCDC/CoopPathwaysReport2007](http://www.coopdevelopmentcenter.coop/OCDC/CoopPathwaysReport2007).
- [13] Breyfogle FW. Implementing Six Sigma: Smarter Solutions using Statistical Methods. New York: John Wiley; 1999.
- [14] De Mast J, Lokkerbol J. An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*. 2012;139(2):604-14.
- [15] Hung H-C, Sung M-H. Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Scientific Research and Essays*. 2011;6(3):580-91.