

SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS DE UM PROCESSO DE RECEPÇÃO E ARMAZENAGEM DE GRÃOS EM UMA COOPERATIVA AGROINDUSTRIAL

SIMULATION AND ANALYSIS OF PROCESS RESULTS RECEIPT AND STORAGE OF GRAINS IN A AGRO COOPERATIVE

Guilherme Bulla Zago

Manoel Francisco Carreira ^{1*}

Rita de Cássia Baratieri Augusto

¹Universidade Estadual de Maringá- Centro de Tecnologia –Departamento de Engenharia de Produção – Maringá – Paraná.

* Autor para correspondência. E-mail:mfcarreira@uem.br

Resumo

O objetivo deste artigo é demonstrar que, a partir da utilização do software Flexsim, processos produtivos ou de serviços podem ser simulados, possibilitando a análise dos mesmos para identificação de melhorias. Para esta identificação, o gargalo do processo deve ser identificado, ou seja, a atividade que gera mais atraso em relação ao todo. Neste artigo, o processo simulado é o de Recepção e Armazenagem de Grãos de uma cooperativa agroindustrial. Este processo se caracteriza por descarregar grãos que chegam em caminhões direto das propriedades, com posterior secagem dos mesmos e sua armazenagem, onde ficam aguardando seu embarque para a fábrica ou para os clientes. Entretanto, ao fim do dia, muitos caminhões ficam dentro da empresa aguardando sua descarga, o que gera o pagamento de taxas de estadia para os motoristas. A partir da identificação das atividades mais lentas do processo, isto é, das etapas consideradas como gargalos, um novo cenário foi criado, realizando mudanças no fluxo e inserindo novos equipamentos, verificando uma grande diminuição dos caminhões nas filas e aumento na quantidade de outputs, ou seja, da quantidade de grãos processados. O mais importante é que este resultado pôde ser verificado sem a necessidade de investimentos antes de garantir que o resultado seria eficaz.

Palavras-chave: *aumento de produtividade; redução de filas de espera; recepção de grãos; armazenagem de grãos; simulação de processos*

Abstract

The purpose of this article is to demonstrate that, from the use of the Flexsim software, production processes or services can be simulated, allowing the analysis to identify improvements. For this identification, the bottleneck of the process must be identified, i.e. the activity that generates more delay in relation to the whole. In this article, the simulated process is the reception and storage of grains of an agro-industrial cooperative. This process is characterized by unloading grain arriving in trucks from the properties, with subsequent drying and storage, where they are awaiting your shipment to the factory or to customers. However, at the end of the day, many trucks are inside the company awaiting discharge, which raises the payment of fees for drivers.

By identifying the slowest process activities, that is, of the steps considered as bottlenecks, a new set was created, making changes in the stream, and inserting new equipment, noting a significant decrease of the trucks in the ranks and increase in quantity of outputs, i.e. the amount of processed grain. The most important thing is that this result could be checked without the need of investments before ensuring that the result would be effective.

Key-words: *increased productivity; reduction queues; reception beans; grain storage; process simulation.*

1. Introdução

A simulação de sistemas de produção é uma ferramenta muito funcional no ramo da manufatura. Dentre os benefícios que a simulação pode trazer destacam-se a necessidade e quantidade de maquinário ou funcionários extras, avaliação de desempenho e avaliação dos procedimentos operacionais (LAW, 1999 *apud* TORGA *et al*, 2006).

Outro benefício importante que a simulação de sistemas de produção fornece é a possibilidade de análise de vários cenários diferentes do processo que a empresa deseja estudar. Essa variedade de cenários é uma ferramenta para as empresas se reinventarem de acordo com as suas necessidades, convergindo conseqüentemente para a busca contínua da competitividade.

Para Secchi (1995), à medida que o mercado se torna mais complexo, o processo tende a se tornar mais complexo também. A partir disto surge então a necessidade pela busca contínua da otimização dos processos de uma empresa.

O uso da simulação proporciona a resolução de questões complexas sem os custos elevados das tentativas da vida real. Aliando-se a otimização a simulação pode-se assegurar que as soluções implementadas são ou estão próximas dos resultados ótimos (Pinto, 2001 *apud* Torga *et al*, 2006)

Este artigo tem como objetivo explorar a situação atual do processo de Recepção e Armazenagem de Grãos em uma cooperativa agroindustrial, a fim de entender como este processo se comporta e se existem pontos de melhoria a serem tratados. Após a identificação de possíveis melhorias, se necessários estudos de otimização serão realizados para estruturar o processo otimizado, seguido de sua simulação.

2. Simulação de Sistemas de Produção

“Simulação de Sistemas constitui-se de um processo de preparação, desenvolvimento e análise de um modelo computacional dinâmico, probabilístico e experimental, preferencialmente dotado de animação gráfica, denominado modelo de simulação, no qual os componentes relevantes de um sistema se encontram representados” (MORAES, 2004 *apud* SANTORO; MORAES, 2011).

Ainda para Moraes (2004) *apud* Santoro e Moraes (2011), aplicação da simulação de sistemas no escopo de linhas de produção tem sido apresentada com frequência na literatura, o que demonstra a importância do tema. Exemplos incluem Santoro&Moraes (2000), Moraes&Santoro (2002), Gujarathi et al. (2004), Jadhav&Smith (2005), Gonçalves et. al. (2006), Schultz (2006), Dengiz (2009) e Harrel et al. (2010).

Para Mello (2001), a simulação pode ser vista como o estudo do comportamento de sistemas reais através do exercício de modelos. Um modelo incorpora características que permitem representar o comportamento do sistema real. Sistema pode ser interpretado como uma coleção de itens entre os quais se possam encontrar ou definir alguma relação de funcionalidade.

Mello (2001) ressalta que os benefícios da simulação de sistemas, aliados à agilidade oferecida pelos meios computacionais, têm sido largamente utilizados como ferramenta auxiliar na solução de problemas diversos. Justifica-se tal afirmação considerando que, com o uso de um computador, uma grande quantidade de eventos pode ser executada em curto espaço de tempo. “De modo geral, o uso da simulação é recomendado principalmente em dois casos. Primeiro, quando a solução de problemas é muito cara ou mesmo impossível através de experimentos. E em segundo, quando os problemas são muito complexos para tratamento analítico” (MELLO, 2001).

Ainda para Mello (2001), São fatores que tornam desejável o uso de técnicas de simulação aliadas aos benefícios computacionais:

Tempo: em computador é possível realizar experimentos que, se executados sobre o sistema real, poderiam consumir anos;

Custo: embora a simulação em computador exija recursos humanos e alguns equipamentos, geralmente o custo se mantém muito abaixo se comparado à execução de experimentos sobre o sistema real;

Impossibilidade de experimentação direta: há situações em que experimentações diretas no sistema real não podem ser realizadas por questões de segurança, de tempo, de acesso, ou ainda de inexistência (sistema em construção);

Visualização: os computadores oferecem recursos que facilitam a visualização dos resultados de uma simulação (gráficos, tabelas, entre outros), bem como do estado do sistema durante o exercício de um modelo;

Repetição: depois de construído, um modelo de representação pode ser executado n vezes a um custo muito baixo;

Interferência: um modelo é extremamente mais flexível para a realização de mudanças se comparado a um sistema real. Esta é uma característica bastante desejável no estudo de sistemas com objetivos de geração de informações de apoio a tomada de decisões.

3. Estudo de Caso

A análise deste artigo ocorre em uma cooperativa agroindustrial. Devido a questões de confidencialidade impostas pela cooperativa, seu nome não será divulgado neste estudo. A simulação do processo foi realizada utilizando o *software FlexSim*.

3.1 A Empresa

A cooperativa agroindustrial está localizada na cidade de Maringá, no Paraná. Fundada em 27 de março de 1963 por um grupo de 46 produtores de café, o objetivo inicial era de organizar a produção regional, receber e beneficiar o produto. No entanto, com o decorrer do tempo, a cooperativa diversificou os seus negócios, passando a trabalhar com vários outros tipos de produtos e processos.

No ano de 2014, a empresa pode ser colocada entre as maiores organizações cooperativistas do Brasil, e conta com o recebimento e beneficiamento de soja, milho, trigo, laranja e café, além de várias unidades industriais, como a produção de óleo e farelo de soja, refino e envase de óleos vegetais, fiação de algodão, torrefação e moagem de café, envase de álcool, produção de suplementos minerais para pecuária, madeira tratada, maionese, molhos e bebidas. Vale ressaltar também que a empresa conta com sua própria cogeração de energia elétrica e vapor para o funcionamento do complexo industrial, comércio de sua produção e a prestação de serviços, como fretes e transportes, por exemplo.

Com relação ao atendimento e relacionamento com os produtores, a cooperativa conta com 56 “unidades operacionais”, que nada mais são do que entrepostos de recebimento,

beneficiamento e armazenamento da lavoura, assistência técnica, venda de insumos agrícolas, pecuários e de peças e até mesmo de lazer aos produtores e, principalmente, aos mais de onze mil cooperados, ou seja, associados. Tudo isto presente em 54 municípios espalhados no norte e noroeste do Paraná, sul do Mato Grosso do Sul e sudoeste de São Paulo.

3.2 O processo

O processo escolhido para a realização do estudo foi o de Recepção e Armazenagem de Grãos, que é responsável por captar a safra dos produtores e cooperados que vendem a mesma à cooperativa para enviar às Fábricas de Óleo e/ou vender para o mercado externo, após realizar o beneficiamento dos grãos. O processo chamado de beneficiamento se trata da secagem dos grãos, que passam por secadores antes de serem armazenados.

O fluxograma detalhado na Figura 1 ilustra o processo.

Figura 1 - Fluxograma do processo de Recepção e Armazenagem de Grãos



Fonte: Cooperativa, 2014

A partir da Figura 1, o processo de Recepção e Armazenagem de Grãos pode ser descrito detalhadamente a partir do texto abaixo.

Após a chegada de um caminhão carregado com grãos na Portaria de Entrada, o mesmo é direcionado ao Pátio de Triagem, onde seu registro no sistema de rastreabilidade é criado. Feito isto, o caminhão fica a espera de ser chamado pela próxima etapa do processo, a Classificação. Na Classificação, os grãos carregados são classificados de maneira amostral (o operador retira amostras de vários pontos do caminhão para realizar as análises), com base nos critérios relacionados à sua umidade e quantidade de impurezas, num processo manual que possui duração de 10 minutos, em média, e tem *setup* de 2 minutos.

Após a Classificação, o caminhão aguarda em uma fila a liberação da Balança de Entrada para que seja pesado, além de receber a sua destinação, ou seja, em qual Moega o mesmo deverá se destinar para que haja a sua descarga. O peso bruto do caminhão é registrado em um sistema de informática, que o adiciona ao registro do caminhão criado na Portaria de Entrada.

A destinação do caminhão é feita de acordo conforme maior disponibilidade das Moegas e de forma visual, ou seja, não há um sistema que determine isto. Uma vez que existem 6 (seis) Moegas (Moegas 07, 08, 09, 10, 13 e 14) que não são facilmente avistadas, o processo com a ausência de um sistema de determinação de disponibilidade é bastante complexo. Depois de aguardar na fila da Moega (Fila das Moegas 07 e 08, das Moegas 09 e 10 ou das Moegas 13 e 14) em que foi destinado, o caminhão é erguido em um tombador e sua carga desce pela Moega.

A partir deste ponto, os grãos recebidos em uma das seis Moegas seguem a um dos 3 (três) Silos Pulmão (Silo Pulmão 1, 2 ou 3), por meio de fitas e, posteriormente, aos 3 (três) Secadores (Secador 1, 2 ou 3), onde a umidade ideal dos grãos é atingida para que sejam armazenados com segurança e qualidade. A armazenagem é feita em 4 (quatro) Armazéns (Armazém 1, 2, JK ou LM), onde ficam prontos para abastecer as fábricas ou serem embarcadas ao cliente comprador.

3.3 Descrição do Problema

No período de safra, a entrada de caminhões carregados na Portaria de Entrada é incessante, o que exige muito do processo, pois deve ser feito um pagamento referente à estadia aos motoristas toda vez em que o mesmo fica dentro da empresa por mais de 24 (vinte e quatro) horas no aguardo do descarregamento. Na safra de milho ocorrida no período Junho à

Setembro de 2013, o valor pago por esta tarifa chegou a bater a marca de R\$ 1,5 milhões, enquanto que, na safra de soja ocorrida no período de Fevereiro à Abril de 2014, o valor gasto foi de, aproximadamente, R\$ 1 milhão.

Assim, se faz necessário este estudo para encontrar o(s) gargalo(s) do processo e simular alternativas para aumentar a quantidade de *outputs* do processo em um dia e diminuir a quantidade de caminhões nas filas após a Classificação e antes do descarregamento em uma das Moegas.

3.4 Desenvolvimento

Para se confeccionar o modelo, foram utilizados *Fixed Resources* a partir da entrada na Portaria de Entrada até a Fila das Moegas, uma vez que este recurso representa objetos discretos e, nesta primeira parte, 25 toneladas de grãos está junto aos caminhões, que se caracterizam cada um como um item. A partir das Moegas foram utilizados objetos *Fluid*, pois após a passagem pelas Moegas, o item se transforma em fluido, já que os caminhões são descarregados e apenas os grãos continuam no processo.

Na Tabela 1, são demonstradas as capacidades de cada etapa do processo, qual foi o item do *software* utilizado para sua ilustração e os tempos para aqueles que os têm determinados.

Quadro 1 – Capacidades, itens e tempos do processo

Etapa	Item utilizado	Capacidade	Tempo do processo
Portaria de Entrada	<i>Source</i>	1 caminhão	10 segundos
Pátio de Triagem	<i>Queue</i>	250 caminhões	-
Classificação	<i>Processor</i>	1 caminhão	10 minutos + 2 minutos de <i>Setup</i>
Fila da Balança	<i>Queue</i>	50 caminhões	-
Balança	<i>Processor</i>	1 caminhão	5 minutos
Fila Moega 13 e 14	<i>Queue</i>	10 caminhões	-
Fila Moega 09 e 10	<i>Queue</i>	10 caminhões	-
Fila Moega 07 e 08	<i>Queue</i>	25 caminhões	-
Moega 13	<i>ItemToFluid</i>	125 toneladas	-
Moega 14	<i>ItemToFluid</i>	125 toneladas	-
Moega 09	<i>ItemToFluid</i>	75 toneladas	-
Moega 10	<i>ItemToFluid</i>	100 toneladas	-
Moega 07	<i>ItemToFluid</i>	100 toneladas	-
Moega 08	<i>ItemToFluid</i>	100 toneladas	-
<i>FluidPipes</i> (todos)	<i>FluidPipe</i>	80 toneladas	-
Silos Pulmão 1, 2 e 3	<i>FluidTank</i>	80 toneladas	-
Secador 1	<i>FluidTank</i>	250 toneladas	-
Secador 2	<i>FluidTank</i>	250 toneladas	-

Fonte: Pesquisa de campo (2014)

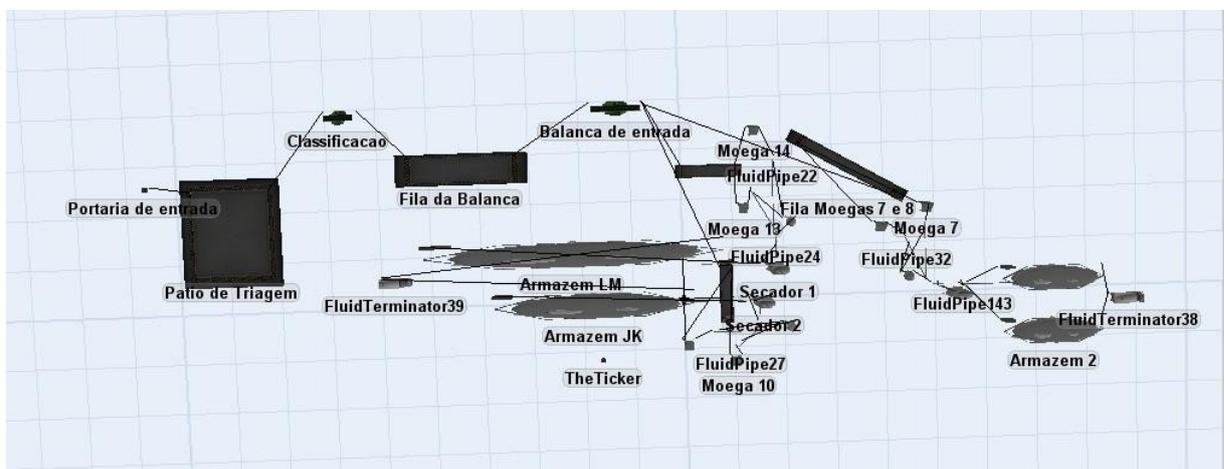
Quadro 1 – Capacidades, itens e tempos do processo - continuação

Etapa	Item utilizado	Capacidade	Tempo do processo
Secador 3	<i>FluidTank</i>	80 toneladas	-
Armazém LM	<i>FluidTank</i>	250000 toneladas	-
Armazém JK	<i>FluidTank</i>	200000 toneladas	-
Armazém 1	<i>FluidTank</i>	100000 toneladas	-
Armazém 2	<i>FluidTank</i>	100000 toneladas	-
<i>FluidTerminator</i>	<i>FluidTerminator</i>	-	-

Fonte: Pesquisa de campo (2014)

Com base nas informações do Quadro 1, o processo em seu estado atual foi simulado no *software Flexsim* para que pudesse ser feita uma análise crítica do processo como um todo para que o(s) gargalo(s) fosse(m) identificado(s) e gerasse uma ação de melhoria para o mesmo, criando novos cenários. A Figura 2 demonstra a simulação do estado atual, que tenta reproduzir o *layout* encontrado em seu estado real.

Figura 2 - Simulação do processo de Recepção e Armazenagem de Grãos



Fonte: Desenvolvimento próprio, 2014

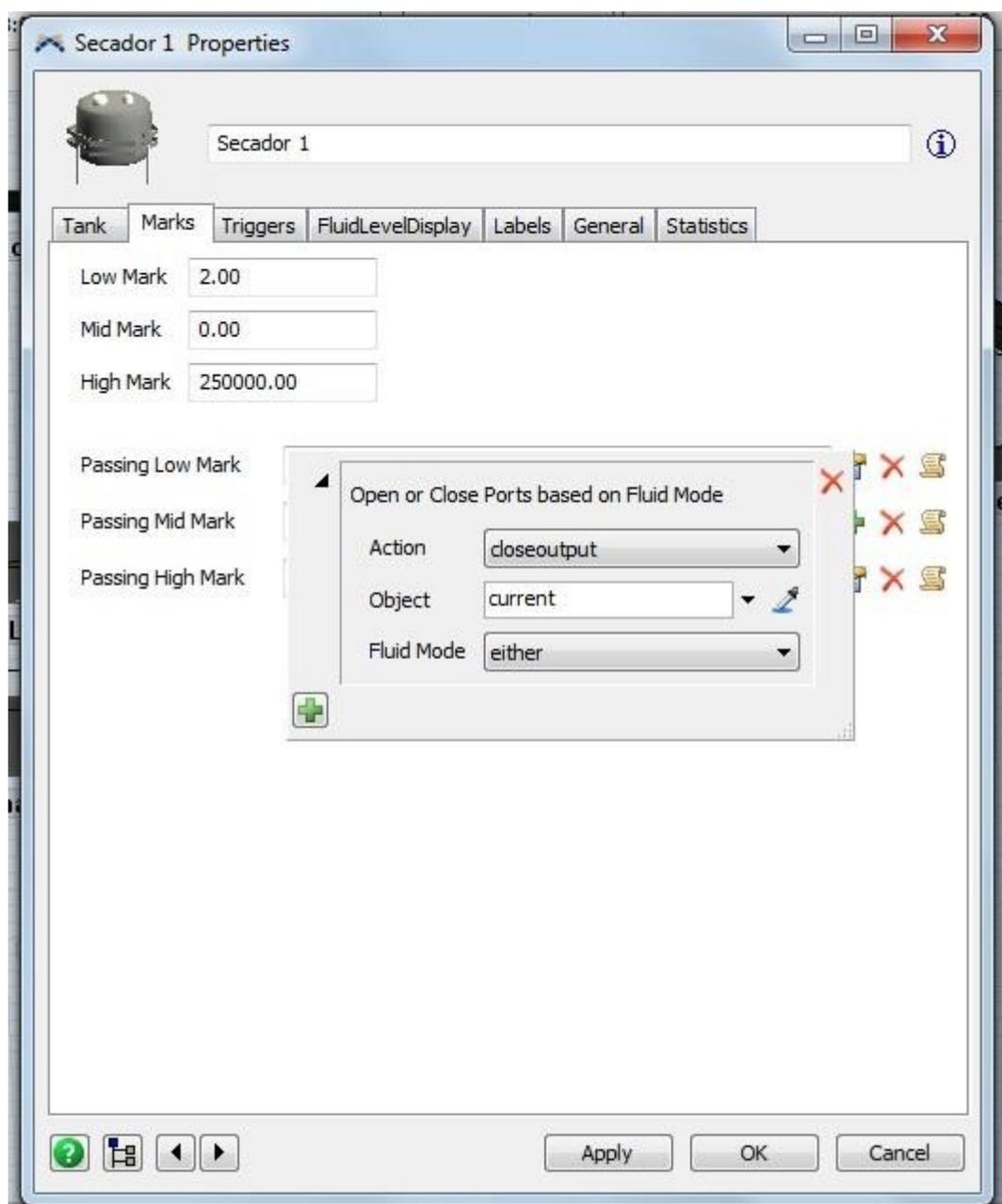
Para uma etapa ser considerada como gargalo de um processo, Domenech (2014) diz que ela deve ser a etapa mais lenta do processo, isto é, enquanto ela passa boa parte do tempo de processamento ocupada, as etapas seguintes ou anteriores a ela estão, na maior parte do tempo, ociosas.

A partir da simulação do processo para um dia (24 horas), percebeu-se que o gargalo da Recepção de Grãos da cooperativa são os Secadores, ilustrados por *FluidTanks*, que geram

Filas (*Queues*) e Silos Pulmões (*FluidTanks*) cheios, isto porque os Secadores 1, 2 e 3 devem ser enchidos completamente antes de poderem ser esvaziados para que entrem mais *Inputs*, que vêm dos Silos Pulmões, estes que também precisam estar completamente cheios para obter a pressão necessária que faz com que a vazão chegue aos Secadores, entretanto, enquanto os Secadores funcionam, os Silos são rapidamente completados.

A Figura 3 ilustra o bloqueio dos *Outputs* de um dos Secadores enquanto seu enchimento total não é atingido.

Figura 3 – Bloqueio dos *Outputs* de um Secador enquanto sua carga total não é completada



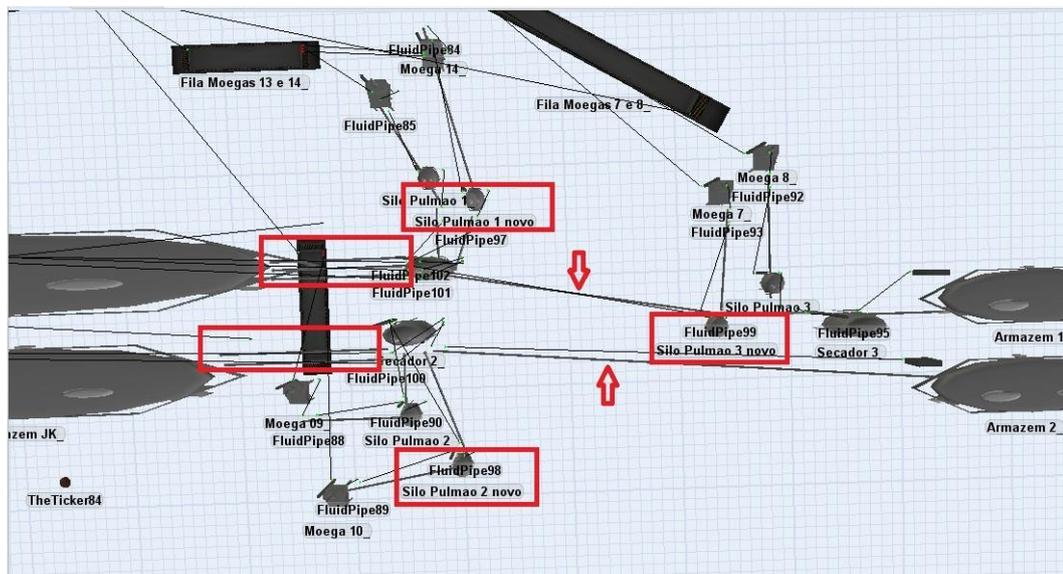
Entre as demais etapas, nenhuma apresenta um grau de ocupação tão alto, validando a teoria do gargalo. Esta constatação impulsionou a criação de um segundo cenário do processo, que baseou-se na inclusão de mais um Silo Pulmão, com as mesmas capacidades dos já existentes, para a continuação do processo após as Moegas 13 e 14, outro após as Moegas 09 e 10 e outro após as Moegas 07 e 08, juntamente a mais um *FluidPipe*, também de mesma capacidade dos já existentes, ligando esses 3 (três) novos Silos aos Secadores. Neste cenário, cada Moega passou então a ser ligada a um único Silo Pulmão e, o Silo Pulmão ligado à Moega 07, passou a ser ligado ao Secador 1, e não mais ao Secador 3 devido à grande capacidade do primeiro e à pequena capacidade do último. Portanto, o Secador 3 passou a ser alimentado somente pelo Silo Pulmão 3.

Outra mudança realizada neste cenário foi a adição de mais 4 (quatro) *FluidPipes*, de igual capacidade aos outros, aos Secadores 1 e 2, sendo que, um destes ligados ao Secador 2, passou a alimentar o Armazém 1, que deixou de ser alimentado pelo Secador 3.

A última melhoria realizada para criação deste cenário foi o cálculo para destinação correta dos caminhões após a passagem pela Balança de Entrada. No primeiro cenário, a destinação era feita de acordo com a visibilidade do operador da Balança, onde se escolhia a Fila das Moegas disponíveis mais próximas. Para o cenário sugerido, o cálculo foi feito de acordo com a capacidade de recebimento das Moegas e a quantidade de grãos presentes em cada caminhão. A partir da definição que cada caminhão possui 25 toneladas e que, as Moegas 13 e 14 juntas têm capacidade para 250 toneladas, as Moegas 09 e 10 em conjunto têm capacidade para 175 toneladas e as Moegas 07 e 08 juntas têm capacidade para 200 toneladas, 40% dos caminhões que passam pela Balança passaram a ser destinados para a Fila das Moegas 13 e 14, 28% para a Fila das Moegas 09 e 10 e 32% para a Fila das Moegas 07 e 08.

A Figura 4 mostra como ficou a simulação do segundo cenário, com foco nas etapas onde houveram as alterações explicadas nos parágrafos anteriores.

Figura 4 – Alterações feitas no sistema para simulação do segundo cenário



Fonte: Desenvolvimento próprio, 2014

A inclusão de todos estes novos itens, considerando apenas a compra dos equipamentos, pois seria utilizada a mão de obra da empresa para instalação e automação, não chegaria ao valor gasto em uma das safras com estadia dos motoristas. O Quadro 2 especifica os valores aproximados para cada item e o valor total, comparado ao menor valor gasto em estadia nas safras citadas no início do trabalho.

Quadro 2 – Valores com adições de equipamentos e comparação ao valor gasto com estadia

Item adicionado	Valor unitário aproximado	Quantidade	Valor total
Silo Pulmão	R\$ 50.000,00	3	R\$ 150.000,00
<i>FluidPipes</i>	R\$ 5.000,00	7	R\$ 35.000,00
TOTAL			R\$ 185.000,00
Valor gasto com estadia Safra Soja 14			R\$ 1.000.000,00
Diferença			R\$ 815.000,00

Fonte: Pesquisa de campo (2014)

Realizando um cálculo simples, o valor gasto com a compra dos equipamentos representa 18,5% do valor mais baixo pago por estadia aos motoristas citados neste artigo. Sendo assim, mesmo que haja outros gastos durante a instalação e automação dos equipamentos novos, dificilmente o valor chegará a representar 50% do valor da estadia utilizado no cálculo.

3.5 Resultados e discussão

Realizando várias simulações dos cenários um e dois durante um dia (24 horas), podemos comparar os resultados obtidos em cada um para a quantidade média de caminhões dentro da empresa (após a Classificação e antes das Moegas) e a quantidade média de *Outputs* produzidos (grãos dentro dos Armazéns ou já embarcados através dos *FluidTerminators*). O Quadro 3 apresenta a comparação dos resultados médios.

Quadro 3 – Comparação entre os resultados do cenário 1 e 2

	Caminhões dentro da empresa	Outputs produzidos (toneladas)
Cenário 1 (atual)	28	100,8
Cenário 2 (proposto)	10	196,3
Diferença em quantidade	-18	95,5
Diferença em %	-64,3%	94,8%

Fonte: Pesquisa de campo (2014)

Conclui-se, então, que a quantidade de caminhões dentro da empresa diminuiu, em média, em 18 caminhões, que representa uma redução de 64,3%. Com relação ao processamento, a quantidade de *Outputs* praticamente dobrou, passando de, em média, 100,8 toneladas para 196,3 toneladas, que representa um aumento de 94,8%.

4. Conclusão

A partir da simulação feita, pode-se perceber facilmente que o segundo cenário melhora o processo de Recepção e Armazenagem de Grãos da cooperativa estudada, diminuindo a quantidade de caminhões que ficam entre os processos e aumentando a quantidade de grãos recebidos e processados, isto é, o processo fica mais rápido e se gasta menos dinheiro com pagamento de estadias aos motoristas.

A utilização do software para simulação deste processo é de muita valia, uma vez que arriscar a aquisição de todos esses equipamentos propostos no cenário 2 demanda um certo investimento e, existe o risco desta não ser a solução ideal. Assim, estudando e analisando os resultados a partir da simulação desta proposta trás mais segurança e certeza de que o problema será resolvido se aplicadas estas soluções

Referências

- DUARTE, R. N. **Simulação Computacional: Análise de uma célula de manufatura em lotes do setor de auto-peças**. Universidade Federal do Itajubá. Itajubá. 187 p. 2003. Disponível em: <<http://www.iepg.unifei.edu.br/arnaldo/download/dissertacoes/dissertacao%20roberto.pdf>>. Acesso em: 17 nov. 2014.
- DOMENECH, MI. **Estratégia Lean Seis Sigma**. Volume 1; Definir, Medir e Analisar; 348 p. 2014. São Paulo.
- MELLO, B.A. **Modelagem e Simulação de Sistemas**. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. Santo Ângelo. 69 p. 2007. Disponível em: <<http://www.munif.com.br/munif/arquivos/ap-sim.pdf?id=319>>. Acesso em: 18 nov. 2014.
- SECCHI, A. R. **Modelagem e Simulação de Processos**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul. Parte I. 199 p. 1995. Disponível em: <http://www2.peq.coppe.ufrj.br/Pessoal/Professores/Arge/COQ790/Modelagem_Processos.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2014.
- TORGA, B. L. M; MONTEVECHI, J. A. B; PINHO, A. F. **Modelagem, simulação e otimização em sistemas puxados de manufatura**. XIII SIMPEP. Bauru. 12 p. 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/168.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2014.