



ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01
de dezembro 2023

Simulação do envasamento do processo de hidrogenação em uma indústria química com o software Arena

Rafael de Lima Oliveira

Eixo Negócios e Produção – Eng. de Produção - Universidade Virtual do Estado de São Paulo

Roberto Ramalho Tavares

Eixo Negócios e Produção – Eng. de Produção - Universidade Virtual do Estado de São Paulo

Rafael Henrique dos Santos

Eixo Negócios e Produção – Eng. de Produção - Universidade Virtual do Estado de São Paulo

Marcos Celestino Frazão

Eixo Negócios e Produção – Eng. de Produção - Universidade Virtual do Estado de São Paulo

José Marcos Correia Neto

Eixo Negócios e Produção – Eng. de Produção - Universidade Virtual do Estado de São Paulo

Resumo: A simulação é uma das principais tecnologias da indústria 4.0, que permite a construção de um modelo virtual de processos produtivos. O artigo descreve a simulação de processos de transformação em uma indústria química do interior do Estado de São Paulo, utilizando o software *Arena Student*. A simulação comparou o desempenho do sistema de envase manual dos produtos oriundos do processo de hidrogenação com a simulação da implementação da automatização com ensacadeiras automáticas visando a otimização desse processo. Foram utilizadas como metodologia a pesquisa exploratória, questionários, entrevistas semiestruturadas, a abordagem do *Design Thinking*, o *Brainstorming* e aprendizagem no uso do programa *Arena*. A simulação se mostrou como uma ferramenta eficaz apresentando resultados que demonstraram e evidenciaram a otimização com maior produtividade, eficiência e eficácia do sistema com envase automático, com eficiência e eficácia do processo proposto, sendo recomendada sua implantação.

Palavras-chave: Simulação, Otimização, Hidrogenação, Gestão da Qualidade.

Simulation of the bottling of hydrogenation process in the chemical industry

Abstract: Simulation is one of the main technologies of industry 4.0, which allows the construction of a virtual model of production processes. The article describes the simulation of transformation processes in a chemical industry in the interior of the State of São Paulo, using the *Arena Student* software. The simulation compared the performance of the manual filling system for products from the hydrogenation process with the simulation of the implementation of automation with automatic bagging machines aiming to optimize this process. Exploratory research, questionnaires, semi-structured interviews, the *Design Thinking* approach, *Brainstorming* and learning using the *Arena* program were used as methodology. The simulation proved to be an effective tool, presenting results that demonstrated and highlighted the optimization with greater productivity, efficiency and

effectiveness of the automatic filling system, with efficiency and effectiveness of the proposed process, and its implementation is recommended.

Keywords: Simulation, Optimization, Hydrogenation, Quality Management.

1. Introdução

Esse trabalho teve o intuito de otimizar o principal processo de manufatura de uma indústria química no interior do estado de São Paulo, que é o processo de hidrogenação e que tem como principais matérias primas o óleo de mamona, o óleo de palma, o sebo clarificado e o óleo de soja. Para a realização desse propósito foi utilizado como ferramenta a simulação por meio de software apropriado, no caso o Arena *Student*.

A hidrogenação é um processo catalítico que consiste em hidrogenar as ligações duplas presentes na cadeia carbônica. Um catalisador frequentemente empregado é o níquel, esse processo tem a finalidade de hidrogenar óleos e gordura para a fabricação de uma série de produtos industriais (GAUTO e ROSA, 2013 p.223)

A fase desse processo escolhida para a simulação foi a do envase manual, no intuito de sua substituição com a implantação de um sistema de envase automático e para serem identificadas as eventuais vantagens da aplicação dessa ferramenta.

De acordo com Quintino et al (2019) a “simulação” é um dos 9 pilares tecnológicos em que se fundamenta a Indústria 4.0. Para Gaziero (2019), com o uso desse importante pilar da Indústria 4.0 pode-se construir virtualmente desde um pequeno processo de produção até mesmo a empresa ou a indústria na sua totalidade, identificando e antecipando possíveis problemas e gargalos de produção, economizando recursos e evitando dispêndios relacionados ao retrabalho.

O objetivo principal desta pesquisa foi o de aplicar a simulação com a utilização do software Arena para analisar a viabilidade de implantação de uma ou mais ensacadeiras automáticas em substituição ao atual processo manual de envase dos produtos oriundos do processo de hidrogenação de uma indústria química, otimizando essa etapa do sistema produtivo.

Especificamente foram realizadas comparações dos indicadores de produtividade do processo manual com o processo automatizado de envase e foi proposto um *layout* mais enxuto e melhor dimensionamento dos recursos (mão de obra, maquinário e matéria prima).

Os produtos oriundos do processo de hidrogenação da indústria química pesquisada representam cerca de 40 % do seu faturamento, o que demonstra a importância do mesmo para a empresa. A empresa apesar de investir constantemente no aprimoramento, entende que quaisquer alterações no processo produtivo implicam em dispêndio de tempo e recursos financeiros, cada vez mais limitados, obrigando as empresas a analisarem cuidadosamente os eventuais investimentos sob pena de amargar prejuízos substanciais.

Para evitar desperdício de tempo e custos desnecessários ou equivocados, surge a simulação como ferramenta para auxiliar nesse processo de análise e decisão. Muitas empresas, com a utilização de softwares apropriados, simulam modelos de processos buscando atender as necessidades específicas como: implantação de um novo processo, melhoramento de fluxogramas, implantação de maquinários e automação.

Segundo Prado (2019), a simulação permite a construção de modelos digitais para testar mudanças, alterações e novos processos virtualmente, agilizando e dando mais segurança aos processos de decisão. O Arena é o mais popular programa de simulação utilizado no Brasil e no mundo todo por empresas e universidades.

Ao longo deste trabalho foi feita uma revisão teórica sobre o assunto, incluindo outros temas relacionados ao projeto de pesquisa como processo, simulação e gestão da qualidade. Os

resultados obtidos são oriundos de uma pesquisa semiestruturada e apresentados como solução ideal para implantação de um sistema de envase automático.

Este artigo está dividido em 5 seções, a primeira contextualizando o tema, sua especificidade, define o problema, seus objetivos. A segunda seção expande a metodologia aplicada descrevendo a empresa, o tipo de pesquisa, o *Design Thinking* e a uso do Arena. Na terceira seção foi feita uma revisão teórica abordando o assunto principal e adjacentes ao tema. A quarta seção explora a pesquisa de campo, as simulações realizadas e os resultados encontrados. A quinta seção trata das considerações finais e a relevância do trabalho realizado.

2. Metodologia

Esse trabalho foi desenvolvido em uma empresa do setor industrial químico que produz cerca de 60 insumos para diversos segmentos na fabricação de alimentos (humano e animal), tintas, borrachas, plásticos, etc. Fundada em 1976 na cidade de São Paulo e transferiu-se para o interior em 1992 e inaugurou sua planta de hidrogenação em 2006 juntamente com um plano de melhoramento de seus processos produtivos, a adoção de um Sistema de Gestão da Qualidade e de novas políticas comerciais com maior atuação no mercado nacional e no Mercosul.

De acordo com a lições de Gil (2019), foi realizada uma pesquisa exploratória inicial com a utilização de perguntas abertas, em razão da necessidade de informações primárias para o desenvolvimento do trabalho. Posteriormente, foram elaborados e enviados dois questionários endereçados ao responsável pelo setor de hidrogenação da indústria objeto desta pesquisa.

Após a realização do primeiro questionário com âmbito mais exploratório e abrangente, para auxiliar na realização da etapa de diagnóstico, percebeu-se a necessidade de aplicar um segundo questionário para esclarecer e complementar algumas informações necessárias para a realização da presente pesquisa.

A solução proposta neste trabalho, segundo o Manual de Oslo (OCDE, 2004), pode ser classificada como inovação de processo produtivo. Essas mudanças envolvem a adoção de novos métodos para melhorar os serviços, a utilização de equipamentos novos que visam melhorar a eficiência e/ou a qualidade e a redução de custos de produção.

Nesse trabalho, essa inovação engloba a mudança na forma como é feito o processo de envase dos insumos, através da automatização deste com a inclusão da ensacadeira automática em substituição ao processo atual feito de forma manual.

Neste cenário de inovação de processo, o *Design Thinking* se apresentou como uma metodologia eficiente para auxiliar no desenvolvimento do projeto, por se caracterizar como uma abordagem que utiliza uma linha de pensamento menos convencional, que se baseia na formulação de questionamentos e perguntas que são respondidas a partir da coleta de informações e dados através da observação (VIANNA et al, 2018).

Vianna et al (2018), dividem a imersão em duas fases, como a preliminar (inicial) e profundidade. Na fase preliminar, identificamos a necessidade e oportunidade de melhoria no processo de envase dos insumos, nessa imersão inicial, foi realizada a pesquisa de campo para a contextualização, entendimento e nortear o escopo do projeto auxiliando a fase de imersão em profundidade.

Com a imersão em profundidade, foi elaborado o plano de pesquisa, que englobou a fundamentação teórica diante dos assuntos a serem estudados, segundo Gil (2019) a realização das entrevistas semiestruturadas é fundamental nessa fase de estudos, elas foram feitas com o gestor de qualidade da empresa que trouxe diversas informações referentes aos equipamentos e ao processo de envase manual.

Nesta fase foi importante a utilização das técnicas de observação: participante e indireta, sendo a primeira, feita com a coleta de informações e dados no chão de fábrica em relação ao processo de envase manual e a segunda observação, indireta realizada através da elaboração de questionários, nas pesquisas teóricas, e, na exploração do programa Arena para formular a simulação.

A próxima etapa foi a Ideação, utilizando-se o *Brainstorming*, técnica de geração de ideias em curto espaço de tempo estimulada pela criatividade (VIANNA et al, 2018). Com isso foi possível identificar as melhores alternativas para a construção da solução que gerou a simulação.

Dentre as ideias elencadas para a etapa de prototipação, foi definido fazer a simulação do processo atual de envase manual e do processo automatizado com ensacadeira automática para a comparação da produtividade, outra ideia relevante, foi a definição de critérios para criação da simulação no programa Arena, que devido a sua limitação da versão estudante têm número limitado de entidades que podem ser criadas.

Vianna et al (2018) dizem que a prototipação é usada para validar as ideias e pode acontecer em paralelo a imersão e a ideação. Neste trabalho foi adotado essa prática, onde parte do grupo se dedicou a estudar, entender e praticar a simulação virtual no programa Arena, que foi fundamental e fez grande diferença, pois através disso foram aprimorados e levantados novos questionamentos para a fase de imersão e novas ideias para a ideação.

Para o desenvolvimento do presente projeto de pesquisa foi utilizada a versão disponibilizada para uso acadêmico, o Arena *student*, que apesar de possuir limitação para uso em larga escala, ou seja, restrição no tamanho do modelo a ser criado, oferece as mesmas funcionalidades da versão profissional. De acordo com a empresa criadora do software, o Arena tem as seguintes funcionalidades: modelar/criar fluxogramas, identificar gargalos dentro da cadeia produtiva, testar setups e elementos diferentes entre si, analisar e visualizar o tamanho de filas de um processo e estudar o comportamento de um sistema e a disponibilidade de um recurso.

3. Referencial Teórico

Wildauer (2015) define que processo é um conjunto de sequências ordenadas de passos que devem ser seguidos para transformar um insumo em algo útil. Para Oliveira (2019), processo é um conjunto de atividades sequenciais que possuem uma lógica entre si e que busca atender e suprir a necessidade dos clientes internos e externos de uma empresa.

Para Garcia (2017) processo é ter as suas variáveis interagindo de forma ordenada, mantendo-se o mais próximo possível de valores que são considerados ideais. Colocando em um contexto industrial, essas variáveis de processos podem ser, por exemplo: pressão, vazão, temperatura, PH, peso, etc.

Para Wildauer (2015) os processos têm uma grande importância para a organização, pois, são responsáveis pela implementação e sustentação das estratégias organizacionais. Os processos permitem agregar valor ao produto (bens ou serviços), permitindo o aumento de produção, diferenciação do mercado, agregando valor para a empresa possibilitando mostrar aos clientes como funciona a organização.

Todos os processos devem ser mensurados, nesse sentido o estudo de tempos, movimentos e métodos é extremamente importante, de acordo com Peinado e Graemi (2007), esses estudos se iniciaram com Frederick W. Taylor na Midvale Steel Company, em 1881. Além de Taylor, contribuíram para a mensuração do trabalho de forma científica o casal Frank e Lilian Gilbreth, sendo tal metodologia até hoje muito utilizado quando se trata de planejamento e da padronização do trabalho.

No estudo de tempos, define-se como tempo normal “o tempo cronometrado ajustado a uma velocidade ou ritmo normal” e o tempo padrão como o tempo normal acrescido de “um fator de tolerância para compensar o período que o trabalhador, efetivamente, não trabalha” (PEINADO; GRAEMI, 2007, p. 101).

Conforme Tálamo (2016) o fator ritmo, que é expresso em porcentagem, é um conceito fundamental para o estudo de tempos, pois estabelece uma velocidade considerada padrão, de acordo com o desempenho das diferentes pessoas que executam o mesmo tipo de atividade.

Os tempos, movimentos e métodos nos processos de transformação são elementos imprescindíveis para se fazer a simulação virtual. Krajewski et al (2009, p. 154-5) afirmam que com o uso da simulação é possível: (1) analisar problemas e “estimar características operacionais ou valores de funções objetivas”; (2) conduzir experimentos virtualmente para, por exemplo, estimar as vantagens e eventuais benefícios da aquisição e instalação de um novo equipamento ou sistema industrial, sem a necessidade de efetivamente instalá-lo; (3) obter dados e informações de ordem operacional em menor tempo do que seria requerido em um sistema real, característica essa denominada de “compressão de tempo”; e (4) “estimular habilidades gerenciais de tomada de decisão por meio de jogos”.

Quando se tem até duas variáveis incontroláveis é possível elaborar modelos de simulação com o uso de planilhas eletrônicas, como o excel, mas a utilização de softwares comerciais de simulação proporciona melhores resultados (KRAJEWSKI et al, 2009).

Para Perlingeiro (2018), na simulação é importante compreender a dinâmica do sistema estudado, que se caracteriza por ser um conjunto de elementos interdependentes, a qual cada elemento executa uma ação específica que se interligam como estrutura, representadas por fluxogramas.

Os fluxogramas são estruturas necessárias para os testes da simulação do processo objetivando encontrar a solução ótima para a resolução do problema tendo como consequência o lucro máximo ou o custo mínimo da estrutura para se encontrar o desempenho ótimo. A solução dos problemas pode ser feita com a modelagem matemática, representada por um fluxograma e um conjunto dos equipamentos (PERLINGEIRO, 2018).

Segundo Gregório e Lozada (2019), para que sejam feitos projetos de modelagem e simulação é necessário conhecer e entender os termos mais usuais encontrados nos programas de simulação, conforme apresentamos na figura 1:

Figura 1: Termos usuais em modelagem e simulação



Fonte: Gregório e Lozada (2019, p. 116)

Para Perlingeiro (2018), um modelo pode ser de dimensionamento ou de simulação, no qual se reproduz o comportamento de um processo já dimensionado, operando em condições diferentes das dimensionadas originalmente. A simulação faz previsões do comportamento dos sistemas, podendo ser feitos inúmeros testes em diferentes condições, obtendo variados resultados para análise dos desempenhos obtidos.

Foram identificados inúmeros programas de simulação no mercado, esses programas podem trazer diversas vantagens competitivas para as organizações, como: redução do tempo de simulação, redução de custos (quando comparado a testes em sistemas reais), testar cenários distintos sem interferir no funcionamento do sistema. (GREGÓRIO; LOZADA, 2019).

Entre os softwares apresentados no quadro acima, nas empresas brasileiras são amplamente utilizados o FlexSim, o Arena e o Promodel, porque permitem simular diferentes sistemas produtivos, tanto de manufatura quanto de prestação de serviços, por serem de fácil aplicação e não exigirem conhecimentos específicos de programação (GREGÓRIO; LOZADA, 2019).

A simulação feita através do programa Arena, além da construção dos modelos, utiliza-se de duas ferramentas muito úteis: o *Input Analyzer* (Analisador de dados de entrada) permitindo a análise dos dados reais do processo em funcionamento e o *Output Analyzer* (Analisador de resultados) permitindo a análise de dados durante a simulação (PRADO, 2017).

Com o uso da simulação podem ser analisados os problemas, conduzidos experimentos e obtidas informações de ordem operacional em menor tempo, para otimizar e maximizar a eficiência e eficácia de processos novos ou existentes que tem relação direta com a gestão de qualidade, conceito presente e primordial em todas as atividades produtivas.

O conceito de qualidade que está associada ao aprimoramento contínuo de produtos e serviços com o objetivo de atender cada vez melhor as necessidades dos clientes. Esses são dois princípios contidos na definição que Krajewski et al (2009, p. 171) para a “gestão da qualidade total”, do inglês *Total Quality Management* – TQM: satisfação do cliente, envolvimento do funcionário e melhoria contínua do desempenho.

Uma abordagem muito conhecida dos sistemas de gestão de qualidade é o Sistema de Produção da Toyota – TPS (do inglês, *Toyota Production System*), também conhecido como sistema de produção enxuta, que buscam eliminar “recursos desnecessários e demoras excessivas” levando à melhoria contínua em produtividade e qualidade (KRAJEWSKI et al, 2009, p. 288).

4. Resultados

A simulação feita no software Arena a partir do levantamento de informações de tempos observados (tabela 1), e, com outras informações obtidas junto a empresa para subsidiar o projeto, incluindo o dimensionamento da quantidade de ensacadeiras automáticas necessárias.

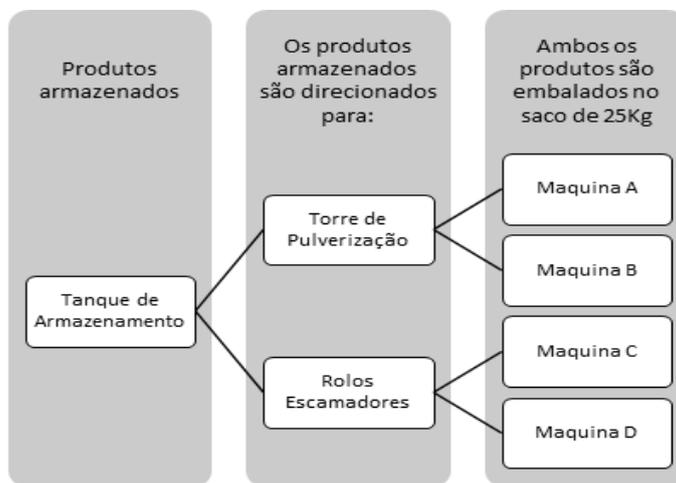
Tabela 1: Tempos observados

Elemento	Tempos observados	Unidade
Envase	1,30	Min
Costura	15	S
Condicionamento	10	S
Montagem do Pallet	62,00	Min

Fonte: Autores (2023)

A empresa opera no regime de produção de 8 horas para cada turno trabalhado, sendo considerado para cada turno 1 lote de produção, no qual deve ser descontando o horário de almoço e a limpeza de maquinário que é executada pelos operadores resultando em um total de 7 horas contínuas de produção. Na figura 2 é apresentado o fluxo dos produtos hidrogenados que estão no tanque de armazenamento aguardando a ordem de produção conforme a demanda para serem processados como produtos perolizados ou em flocos.

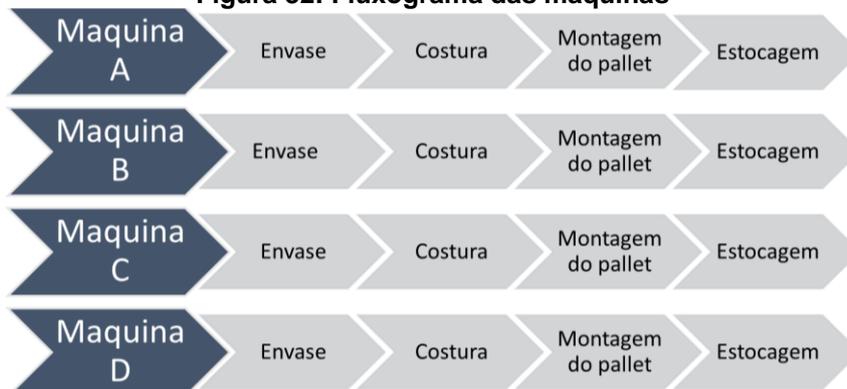
Figura 21: Fluxograma do processo dos produtos após hidrogenação



Fonte: Autores (2023)

Ao passar pela torre ou pelos rolos escamadores ambos os produtos seguem o fluxo para as máquinas onde elas possuem as mesmas etapas como representando na figura 3.

Figura 32: Fluxograma das máquinas



Fonte: Autores (2023)

Com demais dados disponibilizados pela empresa, montou-se a tabela 2, que apresenta o ritmo, o tempo normal e a tolerância, dados necessários para a obtenção do tempo padrão utilizado no software Arena para realizar a simulação do processo atual de envase manual.

Tabela 2: Tempo padrão

Elemento	Tempos observados	Unid.	Ritmo	Tempo Normal	Tolerância (%)	(1-tol)	Tempo Padrão	Unid.
Envase	1,30	Min	84	1,09	18	0,82	1,33	Min
Costura	15	S	83	0,12	14	0,86	0,14	S
Condicionamento	10	S	80	0,08	12	0,88	0,09	S
Montagem do Pallet	62,00	Min	80	49,60	17	0,83	59,76	Min

Fonte: Autores (2023)

Em razão da utilização da versão do software Arena disponível para estudantes ser limitada a 150 entidades, foi adotado o critério de que cada 1(uma) entidade como múltipla de 12 ou seja, sendo equivalente a 12 sacos de 25kg. Na tabela 3 são apresentados os tempos em minutos para cada entidade:

Tabela 3: Tempos para cada entidade

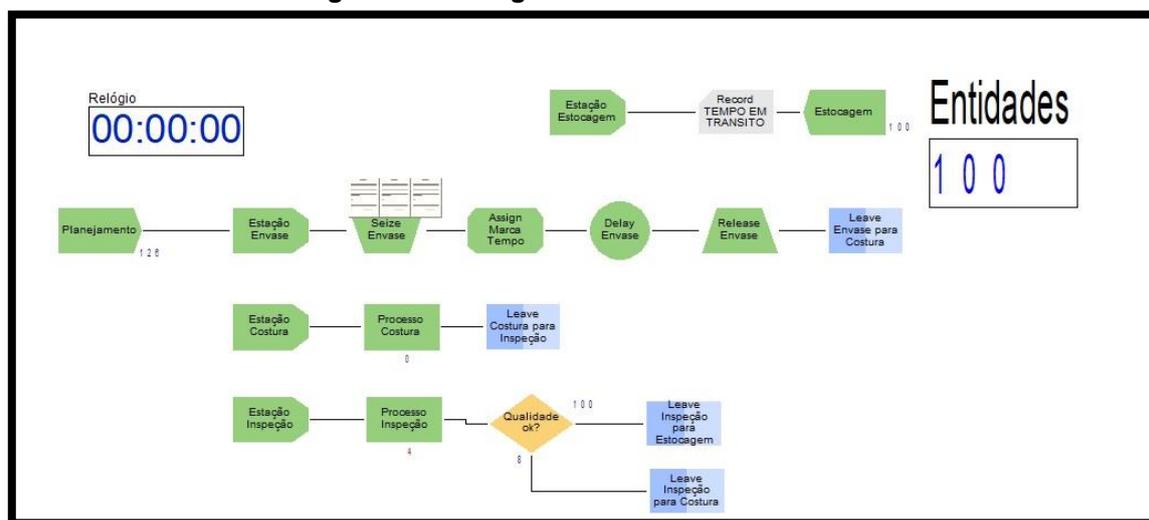
Elemento	Tempo padrão	Tempo Padrão de uma Entidade	Unidade SI
Envase	1,33	15,98	Min
Costura	0,23	2,76	Min
Condicionamento	0,15	1,80	Min
Montagem do Pallet	60,00	720,00	Min

Fonte: Autores (2023)

Como os produtos oriundos do processo do rolo escamador representam aproximadamente 66% da produção, esse processo foi considerado como projeto piloto para fazer as demais simulações de todo o processo de envase.

Em cada uma das simulações foram realizadas 10 replicações de 7 horas cada, na qual cada replicação equivale a 1 dia de produção (lote). Na figura 4 podemos observar o resultado de uma das replicações, onde foi retratado o sistema atual, com envase manual, sendo que ao final de um turno obtivemos uma produção de 100 entidades (1200 sacos), equivalentes a 30 pallets do produto envasado (40 sacos por pallet), totalizando 30 toneladas/dia.

Figura 43: Fluxograma Arena modelo manual



Fonte: Autores (2023)

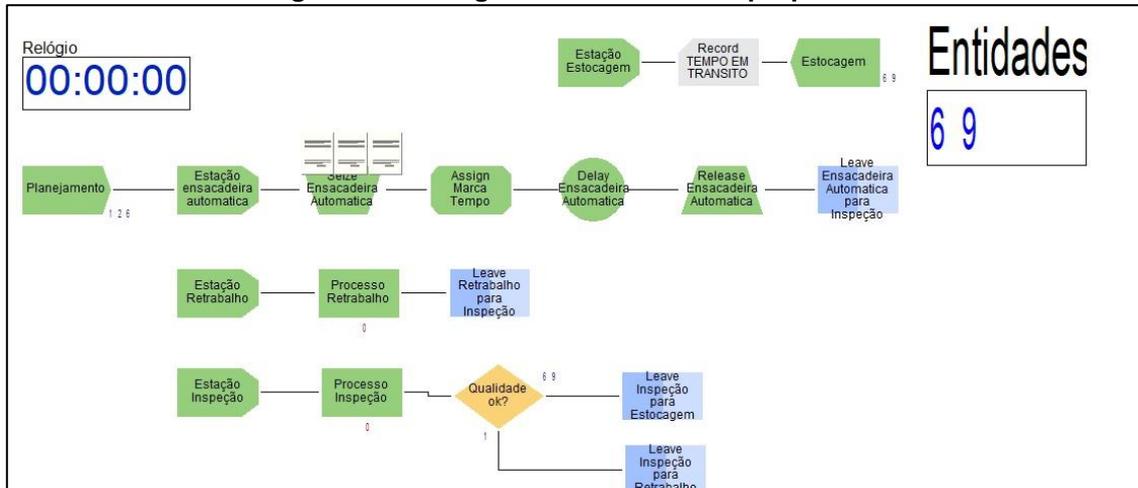
Tendo em vista que a proposta desse trabalho foi simular a substituição do processo de envase manual pelo processo de envase com ensacadeira automática, foi buscado no mercado um modelo de ensacadeira adequada e que pudesse ser compatível com os demais processos, anteriores e posteriores ao processo de envase.

Para o modelo de ensacadeira foi utilizado o modelo sugerido de ensacadeira Sasa com as seguintes características: produtividade de 120 sacos/hora, capacidade de embalar até 60 kg, balança eletrônica que atende perfeitamente as necessidades do processo atual. Ressaltando-se que existem modelos com capacidade de 1.200 sacos/hora, entretanto,

entendeu-se que a primeira ensacadeira proposta atendia plenamente às necessidades atuais da empresa.

Para a simulação do novo processo, foi substituída a mão de obra manual por 1 (uma) ensacadeira automática na simulação no software Arena conforme a figura 5.

Figura 54: Fluxograma Arena modelo proposto 1

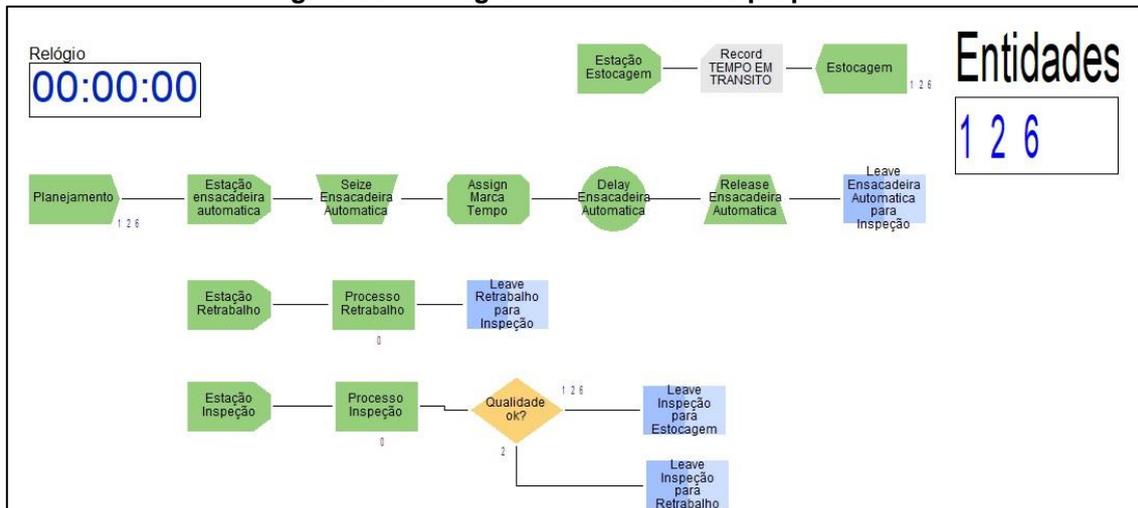


Fonte: Autores (2023)

Após rodar o modelo proposto com 1 (uma) ensacadeira automática obteve-se em um dia de replicação uma produção de 69 entidades o que gerou muita ociosidade pois estava abaixo da replicação do sistema manual, ou seja, com uma máquina a produção ficou abaixo do esperado.

Tendo esses dados gerados partiu-se para o modelo 2, onde aumentou-se o recurso ensacadeira automática de 1 unidade para 2 unidades e com foi feita uma nova simulação do processo indicada na figura 6.

Figura 65: Fluxograma Arena modelo proposto 2



Fonte: Autores (2023)

Após ser rodado o segundo modelo proposto, com 2 (duas) ensacadeiras, obteve-se um resultado significativo onde o tempo de produção foi menor, aproximadamente seis horas e dezoito minutos em 1 (um) dia de replicação, no qual foram produzidas 126 entidades, resultando em 1.512 sacos ou 37 pallets, totalizando 37,8 toneladas/dia.

Considerando que o rolo escamador tem capacidade de produção de 37.800 kg ou 1.512 sacos (25 kg cada) por dia, foi elaborada a tabela 4 que apresenta a eficiência da utilização da capacidade do rolo escamador. O processo manual utilizou 79,37% da capacidade atual

do rolo, o modelo de simulação 1 com uma ensacadeira automática utiliza 54,76% e o modelo 2 com duas ensacadeiras automáticas utiliza 100% de sua capacidade.

Tabela 4 – Eficiência dos processos

Item	Processo Manual	Modelo 1	Modelo 2	capacidade dos rolos escamadores
Sacos	1.200	828	1.512	1.512
Eficiência	79,37%	54,76%	100,00%	100,00%

Fonte: Autores (2023)

Com o envase manual a capacidade máxima de produção foi de 1.200 sacos de 25 kg por dia, com a implantação e o funcionamento de duas ensacadeiras automáticas, modelo Sasa, ou similar, a produção máxima diária será superior, atingindo 1.512 sacos por dia, que é a capacidade máxima de produção dos equipamentos limitada pela capacidade dos rolos escamadores.

5. Considerações finais

Este trabalho tratou de tomar a fase de envase dos produtos oriundos do processo de hidrogenação para a aplicação da simulação com intuito de apresentar uma proposta de otimização desse processo buscando apresentar melhorias que possam impactar favoravelmente os custos de produção e aumentar a produtividade.

A partir dos dados e informações fornecidas pela empresa foi feita a simulação com o uso do software Arena demonstrando a viabilidade de implantação da automatização para o processo de envase em substituição ao envase manual no processo de hidrogenação. A simulação foi realizada com sucesso e demonstrou que a melhor configuração para o processo de automação do envase se dá com a implantação de duas unidades de ensacadeiras automáticas.

Além do aumento significativo da produtividade, da diminuição da taxa de defeitos, de resíduos e o aumento da satisfação dos clientes, a instalação do sistema permitirá a transferência dos atuais funcionários encarregados do envase manual para outras atividades mais favoráveis ergonomicamente na empresa.

Os resultados obtidos pelo emprego de duas ensacadeiras automáticas, otimizam a etapa de envase do processo de hidrogenação, a simulação no programa Arena foi considerada com um método eficaz, evitando desperdícios de tempo e de despesas desnecessárias, bem como auxiliando e dando segurança aos processos de decisão como foi previsto pelas pesquisas e referencial teórico.

A limitação da pesquisa se restringiu ao recorte da fase de envase apenas do processo de hidrogenação nessa indústria química, dadas as inegáveis contribuições e vantagens oriundas do uso da simulação em processos de transformação. A continuidade nesta temática em futuros trabalhos pode aplicar o modelo adotado em outros processos de transformação utilizados na empresa, assim como, ampliar o uso da simulação em todo o processo de hidrogenação, ou seja, nas fases anteriores e posteriores ao processo de envase, incluindo desde a recepção da matéria-prima (óleo de soja, de mamona, de palma etc.), a hidrogenação, a armazenagem da matéria-prima hidrogenada, o processo de envase - ora estudado – e a expedição.

Referências

GARCIA, C. **Controle de processos industriais: Estratégias Convencionais**. São Paulo: Editora Blucher, 2017.

GAUTO, M. A.; ROSA G.R. **Química industrial**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

GAZIERO, C.; CECCONELLO, I. **Simulação Computacional do Fluxo de Valor: uma proposta de Integração da Indústria 4.0 e Lean Production**. Scientia Cum Industria, v. 7, n. 2, p. 52-67, 2019.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7.ed. São Paulo: Atlas, 2019.

GREGÓRIO, G. F. P.; LOZADA, G. **Simulação de sistemas produtivos**. Porto Alegre: SAGAH, 2019. 172p.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações**. 8.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

OLIVEIRA, D. P. R. **Administração de Processos: conceitos, metodologia e práticas**. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2019.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO ECONÔMICA E DESENVOLVIMENTO DEPARTAMENTO ESTATÍSTICO DA COMUNIDADE EUROPÉIA. **Manual de Oslo: Proposta de Diretrizes para a Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação Tecnológica**. 3 ed. FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos), 2004. 136p. Disponível em: http://www.finep.gov.br/images/a-finep/biblioteca/manual_de_oslo.pdf. Acesso em: 10 set. 2023.

PEINADO, J.; GRAEMI, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PERLINGEIRO, C. A. G. **Engenharia de processos: análise, simulação, otimização e síntese de processos químicos**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2018. 208p.

PRADO, D. S. **Teoria das filas e da simulação**. 6.ed. Nova Lima: FALCONI Editora, 2017. 152p.: il. – (Série Pesquisa Operacional, vol.2).

PRADO, D. S. **Usando o ARENA em simulação**. 6.ed. Nova Lima: FALCONI Editora, 2019 – (Série Pesquisa Operacional, vol.3).

QUINTINO, L. F. *et al.* **Indústria 4.0**. Porto Alegre: SAGAH, 2019.

TÁLAMO, J. R. **Engenharia de métodos: o estudo de tempos e movimentos**. São Paulo: Editora InterSaberes, 2016.

VIANNA, M. *et al.* **Design thinking: inovação em Negócios**. 3.ed. Rio de Janeiro: MJV Press, 2018. 165p.

WILDAUER, E. W.; WILDAUER, L. D. B. S. **Mapeamento de Processos: conceitos, técnicas e ferramentas**. São Paulo: Editora InterSaberes, 2015.