

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SAGRADO CORAÇÃO

LUCAS AUGUSTO MASSAGLI PASSOS

INDÚSTRIA 4.0: MONITORAMENTO DE PROCESSOS MECÂNICOS A FIM DE
REDUZIR O LEADTIME COM USO DE SOFTWARE FLEXSIM.

BAURU
2022

LUCAS AUGUSTO MASSAGLI PASSOS

INDÚSTRIA 4.0: MONITORAMENTO DE PROCESSOS MECÂNICOS A FIM DE
REDUZIR O LEAD TIME COM USO DE SOFTWARE FLEXSIM.

Monografia do curso de Engenharia Mecânica
apresentado ao programa de Iniciação
Científica do Centro Universitário Sagrado
Coração, sob orientação do prof. Dr. Gill
Bukvic.

BAURU
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo
com ISBD

P289i	<p>Passos, Lucas Augusto Massagli</p> <p>Indústria 4.0: monitoramento de processos mecânicos a fim de reduzir o leadtime com uso de software Flexsim / Lucas Augusto Massagli Passos. -- 2022. 30f. : il.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Gill Bukvic</p> <p>Monografia (Iniciação Científica em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário Sagrado Coração - UNISAGRADO - Bauru - SP</p> <p>1. Leadtime. 2. Indústria 4.0. 3. Processos. 4. Lean Manufacturing. I. Bukvic, Gill. II. Título.</p>
-------	---

Elaborado por Lidyane Silva Lima - CRB-8/9602

Dedico este trabalho aos meus pais, amigos e colegas de trabalho que me incentivaram a ir além. E em especial ao meu avô Hélio por me despertar a vontade, o foco e a persistência.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos vão para aqueles que disponibilizaram do tempo para o meu aprendizado, pelas tantas vezes que fui desafiado a fazer acima do meu limite. Agradeço também a Deus por sempre colocar oportunidades pelo meu caminho e ao meu orientador Dr. Gill Bukvic por enxergar potencial neste trabalho em conjunto.

RESUMO

No mundo contemporâneo do trabalho o maior objetivo é eficiência e qualidade. Há uma emergente transformação industrial e para que tudo ocorra de maneira sucinta é necessário planejamento e organização. Num futuro em que softwares comandarão o processo fabril deve-se tratar com cautela o tema sobre Lead Time pois envolve vários agentes em um único processo e é ele o responsável pelo tempo de entrega de um determinado produto. Para isso, se faz necessário analisar como se construíram as formas de gestão envolvendo o tema de Lean Manufacturing (LM), a instrumentação e controle na parte de todo o chão de fábrica visando todo um cenário de Indústria 4.0 e seus correlatos a fim otimizar a confecção do produto. Inegavelmente, uma boa empresa depende de bons colaboradores e por isso é importante destacar o processo de logística que acaba por fazer a imagem da corporação muitas das vezes e claro, os funcionários já que são os responsáveis por todo o processo produtivo e necessitam estar motivados e capacitados para se desafiarem a obter melhores rendimentos além de incentivá-los a propor ideias de melhoria. A partir disso, esta pesquisa propõe um estudo baseado em simulações de processos com software FlexSim visando simular e diminuir o tempo de ensaque e armazenamento em uma usina de açúcar e álcool comparando os dados com o processo real visando trazer um melhor retorno financeiro e a imagem empresarial que é um resultado de todos os objetivos e metas traçadas pela corporação.

Palavras-chave: Lead Time; Indústria 4.0; Processos; Lean Manufacturing.

ABSTRACT

In the contemporary world of work the main objective is efficiency and quality. There is an emerging industrial transformation and for everything to occur succinctly, planning and organization are necessary. In a future where software will command the manufacturing process, the issue of Lead Time should be treated with caution as it involves several agents in a single process and it is responsible for the delivery time of a given product. For this, it is necessary to analyze how the forms of management involving the theme of Lean Manufacturing (LM), instrumentation and control in the part of the entire factory floor were built, aiming at an entire scenario of Industry 4.0 and its correlates in order to optimize the product making. Undeniably, a good company depends on good employees and that is why it is important to highlight the logistics process that ends up making the corporation's image many times and of course, the employees as they are responsible for the entire production process and need to be motivated and trained to challenge themselves to obtain better returns, in addition to encouraging them to propose ideas for improvement. From this, this research proposes a study based on process simulations with FlexSim software aiming to simulate and reduce the bagging and storage time in a sugar and alcohol plant comparing the data with the real process in order to bring a better financial return and the image that is a result of all the objectives and goals outlined by the corporation.

Keywords: Lead Time; Industry 4.0; Law Suit; Lean Manufacturing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. JUSTIFICATIVA.....	13
3. OBJETIVOS.....	14
3.1 OBJETIVO GERAL.....	14
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	28
REFERÊNCIAS	29

1. INTRODUÇÃO

O cenário industrial hoje é determinado por pessoas qualificadas nas mais diversas áreas do conhecimento fazendo sempre o uso da lucratividade empresarial. Entretanto, com a advinda de uma nova era industrial, se faz necessário melhorar todos os setores a fim de no final alcançar a satisfação do cliente para ganho de mercado. Um dos maiores problemas é em relação a gerência, pois o resultado será consequência das atividades que levaram a alcançar um tempo de entrega menor ao habitual no qual chamamos de Lead Time.

Segundo BALLOU (2001), o Lead Time pode ser definido como “o lapso de tempo entre a colocação do pedido do cliente, o pedido de compra ou a requisição de um serviço que é colocado e o momento em que o produto é recebido pelo cliente.” É importante ressaltar a ideia de que o Lead Time é visto de forma diferente pelo cliente e pela empresa, no qual o primeiro só faz o aguardo do produto e a empresa tem todo um processo mais complexo como processamento, montagem, expedição e entre outros (LEÃO, 2021).

Algumas corporações adotam a produção por encomendas enquanto outras apenas sob estoques, porém há prós e contras nas duas metodologias como falta de produto e custo de manutenção e ou armazenagem, respectivamente. Desta forma, como se trata do Lead Time fica interessante adotar o estoque de segurança sendo usado somente para garantir que não haja falta de produtos, já que o processo de ressurgimento é composto por variáveis de incertezas dentre elas o lead time, a previsão de demanda, disponibilidade de fornecedores, por exemplo (TEIXEIRA, 2017).

A instrumentação é o ramo da engenharia que trata de instrumentos industriais atuando em setores como fabricação, manutenção e operação. Uma indústria depende da escolha correta dos sistemas de medição e isso pode implicar no sucesso ou fracasso de uma unidade. E isto, está plenamente interligado a qualidade do produto já que quando procuramos satisfazer propriedades físicas, químicas ou biológicas, automaticamente haverá menor tolerância ao erro e, portanto, cabe a organização estar de acordo sobre calibração dos medidores segundo a norma ISO 9001 (RIBEIRO, 2002).

Além disso, a instrumentação é o futuro, porém há muito o que melhorar já que ela pode assegurar que não haverá distrações durante o processo de um simples operador, mas ela ainda é dependente de calibrações e manutenções além de causar possíveis falhas. Os reparos nestes instrumentos principalmente na parte de calibração podem influenciar o lead time, ademais, equipamentos de instrumentação que não são compatíveis com as habilidades de

técnicos da área obtém número inadequado de calibrador padrão e por isso, cabe a empresa implementar o treinamento de pessoas (RIMANTHO, 2017).

Quando criado em cerca do ano de 2005, o Arduíno se adequou muito bem em suas aplicações. Pelo seu caráter de microcontrolador e foco para o meio acadêmico, ele pode realizar inúmeras experiências didáticas a fim de propor projetos maiores. MCROBERTS (2015), foi um dos pioneiros a escrever sobre o gadget e na 2ª edição de seu livro “Beggining Arduino” ele destaca que o uso repentino se deve principalmente pela otimização de projetos, o custo e a facilidade do manuseio até mesmo por profissionais leigos nesta área.

De fato, tornou-se um grande dispositivo para simular a instrumentação de uma cadeia produtiva, contanto até mesmo com programas de simulação virtuais como o TinkerCad. O Arduino permite a integração de vários dispositivos e sensores e devido a esta facilidade consegue manipular atuadores de maneira direta além de trabalhar com dados em tempo real, sua principal virtude é trazer um custo-benefício em comparação a plataforma industrial (TOSTES, 2015).

Num ambiente de indústria 4.0 os sistemas que são chamados de “cyber-físicos” não se limitam a uma área apenas, ela contempla vários agentes no processo desde a cadeia de suprimentos até o consumidor final (VENTURELLI, 2014). O fato de que todos os dispositivos interajam entre si faz com que os produtos também sejam capazes de armazenar e trocar dados, repassando informações relevantes para a sua manipulação durante todo seu ciclo de vida (GAUB, 2016).

Assim que tratamos sobre confecção de produto precisamos levar em conta os tipos de processos de fabricação. Esses tipos envolvem os processos de processamento e montagem no qual agregam valor ao produto conforme transformada sua geometria para determinado fim. Importante salientar que boa parte das operações de processamento gera refugo ou peças defeituosas por não respeitar tolerâncias, (sendo a bilateral como a mais comum) no qual não é vantajoso e gera retrabalho em toda a operação caracterizado como desperdícios, a redução do descarte é um dos objetivos importantes na fabricação, pois significa menor quantidade de perda (GROOVER, 2011).

RODRIGUES (2004) aponta que o custo de um produto parado é muito alto, ele considera ser importante a redução do lead time assim como de estoques já que na fábrica de fibras por exemplo, a matéria – prima representa 50% a 60% do total do valor do produto.

Sobre os desperdícios que encontramos na indústria, não pode ser deixado de lado a ferramenta lean manufacturing, nomenclatura surgida em 1990 através do livro “A máquina que mudou o mundo” escrito por James Womack e Daniel Jones, onde relatam como o sistema

Toyota de produção ganhou a corrida por mercado na indústria automobilística. Em princípio a ferramenta faz a redução de oito desperdícios que são: estoque, movimentação excessiva, transporte, defeitos e retrabalho, espera, processamento desnecessário, superprodução e por último conhecimento no qual se faz a ser um dos mais importantes para se explorar o melhor do profissional fazendo-o motivado a se sentir parte fundamental da organização e propondo ideias. Logo, a ferramenta se faz útil devido a melhoria de cada operação, visando sempre manter o alto nível de competitividade e aumentar a eficiência de processos e de cada colaborador (COUTINHO, 2020).

Para Ritzman (1996 apud RODRIGUES et al., 2004), “O objetivo é eliminar o desperdício dentro de qualquer indústria, o que irá assegurar a competição na fabricação. As indústrias não serão competitivas a menos que reconheçam que o desperdício é algo que não acrescenta valor ao produto”.

Muitas outras filosofias são empregadas na fabricação como é o caso do Just in Time (JIT). Ele é muito útil principalmente na agilidade do processo e como grande exemplo são os restaurantes no qual produzem os pratos após recebimento dos produtos isso porque produzem somente na hora certa e hoje já é possível aprimorar modelos de Machine Learning (ML) para prever o tempo de espera, porém o grande problema é levar em considerações como tráfego e variáveis em tempo real que podem impactar de forma significativa no prazo de pedidos, necessitando de novas tecnologias como a internet das coisas (Singh; Soni, 2019).

Em resumo, PALADINI (2012) traz um princípio que é de extrema importância que as empresas adotem uma postura de redução de desperdícios principalmente em gargalos e possíveis retrabalhos para implicar redução de preços, no qual pode atribuir um elemento de forte atratividade de um produto, diferenciando-o de seus concorrentes.

[...] a razão pela qual incentiva-se que todos na organização independentemente do nível hierárquico a que estejam integrados é que façam parte de um comportamento estratégico de organização e para isso se faz necessário uma perspectiva estratégica de pessoas” (PALADINI, 2012).

Por fim, uma das ferramentas pouco conhecidas no Brasil é o QRM (Quick Response manufacturing) proposto por Suri em 1998. Essa técnica visa primeiramente redução do lead time em 4 setores, sendo eles: manufatura, cadeia de suprimentos, introdução de novos produtos e operações de escritório. Um dos 10 princípios adotados por ele, é adotar recompensas de acordo com a redução do lead time e não com a entrega realizada no tempo prometido assim como motivar fornecedores para adotar o QRM (FREITAS et al, 2019). Muitas outras metodologias são recentes e lidam de forma constante com o lead time implementando

inovações e novos estudos, por exemplo, a Manufatura Enxuta, a Competição Baseada no Tempo (TBC - Time Based Competition) e a Manufatura Ágil. (LIMA et al., 2013).

Por se tratar de um tema muito abrangente, o Lead Time é procedente de todos os setores industriais, portanto temas como lean manufacturing, processos de fabricação e a instrumentação são correlatos com a indústria 4.0, assim como toda a parte de gestão da qualidade. Porém, pelo tema ser vasto o intuito desta pesquisa não é visar setores como logística, supply chain e temas recentes como QRM (Quick response manufacturing), mas sim os processos de fabricação onde em sua maioria faz presença de gargalos. Desta forma, o enfoque se dá no setor de processos, usando monitoramento a partir de simulação com software FlexSim.

2. JUSTIFICATIVA

O tema Lead Time é tão versátil que todas as empresas, independente do mercado podem adotar essa filosofia. A busca pelo benchmarking é papel fundamental de grandes corporações como Embraer, Toyota, Dell e 3M. É importante focar que o tema não tem a finalidade de produzir mais trabalho em menos tempo e sim criar uma empresa com mais sucesso futuramente (já visando a competitividade com a revolução digital) e para treinar a empresa, trabalhadores precisam mudar seu pensamento (FREITAS et al, 2019).

Em seu conceito por melhoria, o lead time fornece as empresas um produto final ao cliente sem a perda de qualidade, acaba por ter uma antecipação no mercado no qual ganha no quesito competitividade, reduz custos, tem facilidade em identificação de gargalos e padronizar os processos e dessa forma, os clientes ficam mais satisfeitos além dos funcionários estarem cada vez mais motivados com o ambiente (LEÃO, 2021).

Espera-se que futuramente com a alta competitividade, os trabalhadores se sintam mais desafiados e assim será comum a versatilidade de setores e a polivalência do funcionário. Sendo assim, segundo Pérez-Ramos (1990) "um empregado satisfeito é um empregado produtivo, e pela natureza intrínseca de certos motivos: a recompensa virá da satisfação que proporciona o trabalho em si mesmo."

Para Borja et al. (2018), muitos gerentes subestimam os custos advindos do lead time e investem muito pouco na melhoria, tomando conhecimento que afeta a eficiência da empresa tanto nos aspectos internos e ao nível da satisfação do cliente. Sobre administrar o tempo Lima et al. (2013), considera um importante fator de vantagem competitiva.

Além disso, vale destacar que a competitividade se dará pela sustentabilidade, inovação nas estratégias de gestão e a tecnologia também já que muitas indústrias implementam uso de wearables em seus colaboradores para fins de machine monitoring, workspace safety e real time data necessitando apenas da leitura de um QRCode por smartglasses, por mais que seja pouco usual no momento faz parte do termo internet das coisas proposto por Kevin Ashton em 1999. Como destacado por Philip Kotler "A melhor propaganda de um produto é feita por clientes satisfeitos".

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Tratar o Lead Time como fator indispensável para a competitividade, fazendo o uso de softwares como o FlexSim e outros instrumentos em processos de fabricação industrial em escala real a fim de suprir os objetivos monetários para toda a organização fazendo com que o fluxo através do gargalo iguale a demanda de mercado (Goldratt: A meta).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar bibliografias referentes ao processo industrial para obter resultados mais precisos;
- Utilizar o software de simulação FlexSim com auxílio do Trello a fim de simular o processo de empacotamento e armazenagem de bags de açúcar;
- Identificar gargalos e obter resultados matemáticos de redução significativa do Lead time em situação real;
- Buscar implementar melhorias principalmente na forma que se é feito o empacotamento e projetar melhorias nos equipamentos como empilhadeiras e outros utilizando ferramentas da qualidade, caso necessário;
- Comparar o modelo fornecido pelo software FlexSim com o processo real de obtenção do açúcar até sua estocagem e buscar padronizá-lo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

A abordagem adotada terá como implementação de uso conjunto do software FlexSim e do programa Trello para fins de visualização e otimização do tempo de trabalho. Sendo assim, será utilizado esta simulação para visualização do processo e buscar entendê-lo na prática, podendo buscar meios de se otimizar o processo seja por meio de modelo de empacotamento a ser utilizado, propondo melhorias em equipamentos ou até mesmo qualificação do colaborador, utilizando como base livros e artigos disponíveis.

O simulador FlexSim é muito utilizado por questões acadêmicas no qual simula um processo de forma idêntica ao real e por isso tem um bom viés de custo-benefício. De início, será estruturado um mapa de processo idêntico ao setor de uma usina de açúcar e nele serão extraídos dados que deverão ser comparados na prática em como isso pode interferir no processo e cliente final, levando em conta arranjos físicos e os equipamentos inseridos.

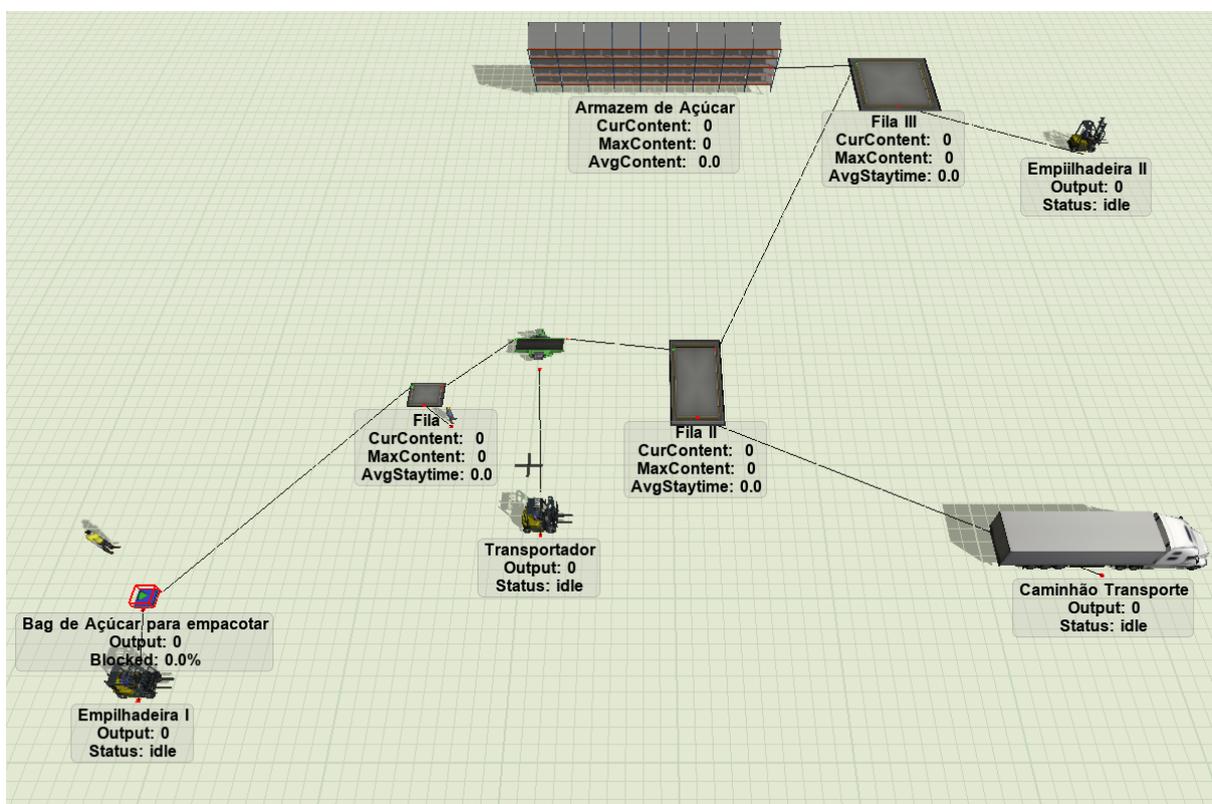
Diante disso, traçando as devidas simulações e cálculos que se fazem necessários caso consistentes na diminuição do lead time, será feita uma organização e criação de um modelo padronizado na fabricação com o intuito de atender a melhor eficiência no processo, desde que não sobrecarregue a rotina de trabalho anterior, podendo acrescentar os dados em simulação para o chão de fábrica. Alguns dos materiais necessários serão a utilização de notebook e internet.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

- **Etapa teórica esboçada via software FlexSim:**

O processamento das atividades sofre variáveis de acordo com características do ambiente, isto é, fatos que interfiram na atividade de cada colaborador em especial relacionados a sua vida pessoal que comprometem o passo de determinada função. Em destaque temos um esquema simples de processamento em que a chegada da matéria prima é colocada em fila de forma manual a fim de se obter a embalagem na esteira. O tempo de inspeção está em função do ritmo do operador assim como o transportador da empilhadeira permanece em tempo ocioso caso haja falta desse abastecimento. Desta maneira, conseguiu-se visualizar uma forma correspondente de gargalo que poderá ser trabalhada da melhor forma possível para se tomar decisões perante o arranjo físico de processos (Figura 1).

Figura 1: Setor de armazenamento com vista superior gerado pelo software FlexSim.

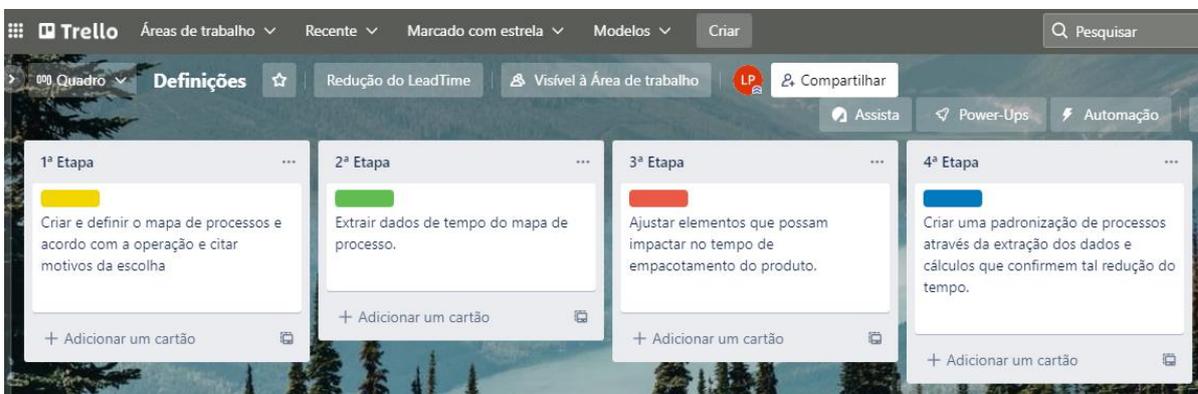


Fonte: Autor (2022)

As variáveis relevantes que devem ser analisadas sistematicamente nesse genba (é um termo japonês que significa "o lugar real") em destaque são o tempo em que o maquinário permanece parado (em específico a empilhadeira), o fluxo feito pelo operador e a interferência no arranjo físico local. É importante destacar que não é levado em consideração a demanda de mercadoria e sim uma parte específica do processamento para se fazer aplicação da melhoria de processos.

Um bom arranjo físico é adotado pela minimização de atrasos, acessibilidade e segurança. Desse modo, o adotado foi o fluxo em linha ou conhecido como arranjo por produto. O fluxo é claro, previsível e, assim, relativamente fácil de controlar e, portanto, dá oportunidades para especialização do equipamento, um baixo custo unitário por altos volumes demandados e movimentação constante do material a ser trabalhado (Figura 2). Um dos maiores problemas começa na escolha do arranjo físico já que pode acarretar em altos custos, interrupção da produção e insatisfação do cliente.

Figura 2: Utilização do Trello para fluxo do trabalho e monitoramento de tarefas.

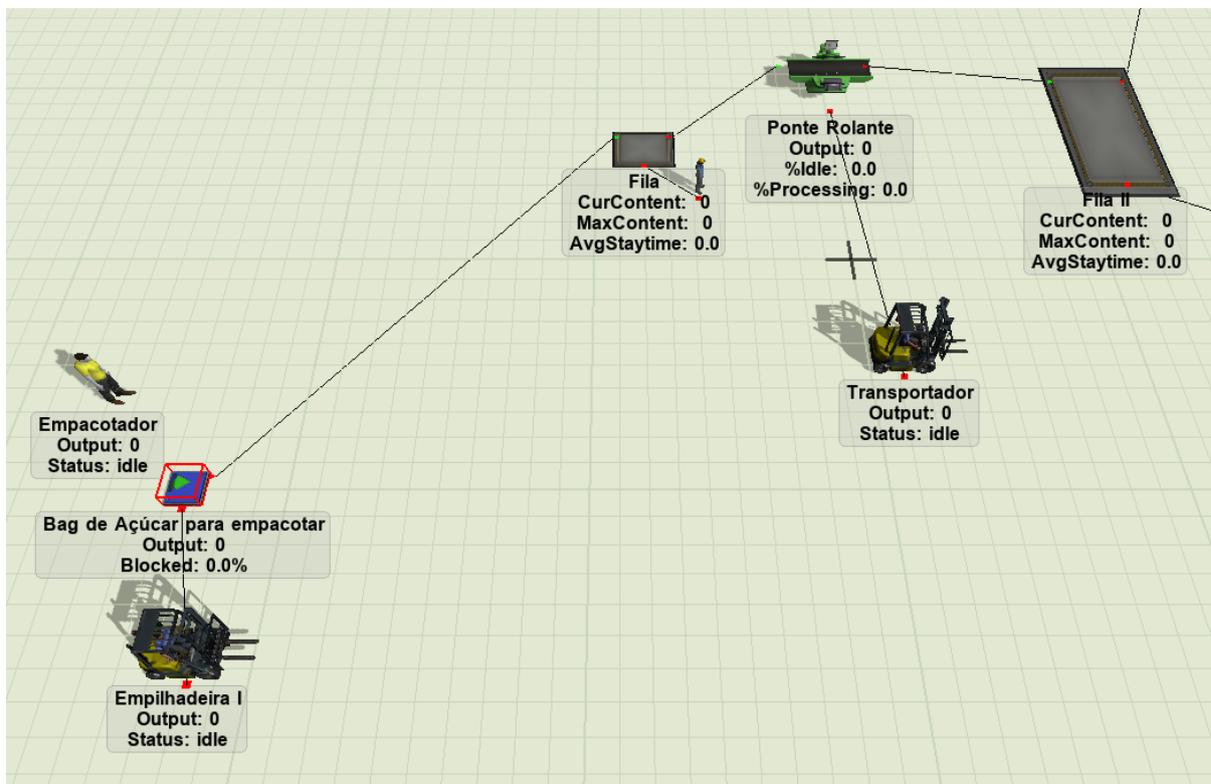


Fonte: Autor (2022)

- Contextualizando o processo:

Primeiramente um empacotador é necessário para ensacar o bag de açúcar. Ele também presta apoio transportando os produtos para as várias áreas de um estabelecimento. Observando na primeira etapa do processo podemos identificar que o empacotador é responsável por dar ritmo ao processo ou seja, a forma que ele ensacar o bag vai definir o fluxo do processo (Figura 3). Desta maneira é um ponto a ser observado na prática de que forma o ensaque é feito e se é possível melhorá-lo.

Figura 3: Primeira etapa do processo teórico.

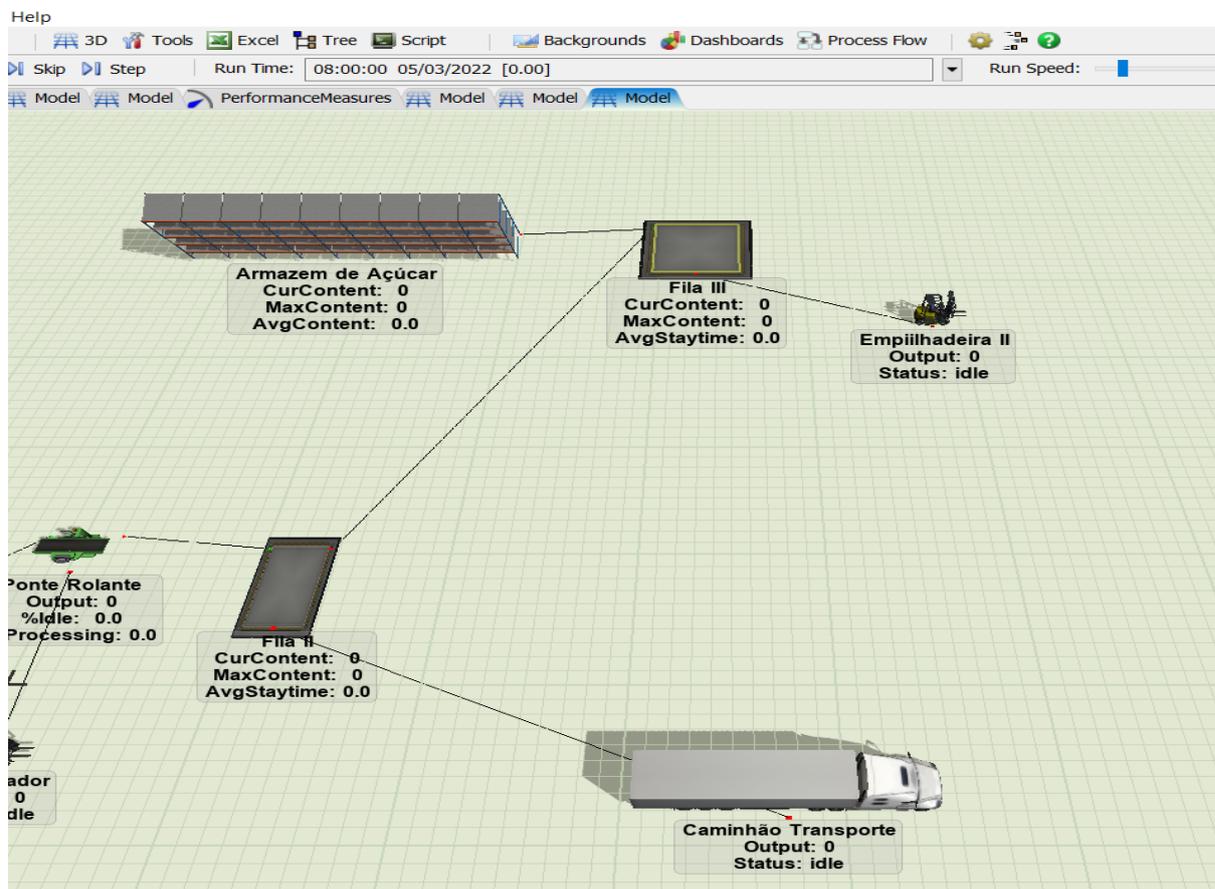


Fonte: Autor (2022)

Após o ensaque, a empilhadeira tem o papel de levar o bag até um operador da ponte rolante. A ponte rolante é uma máquina de elevação do tipo guindaste de ponte que permite que o big bag de 1200kg seja transportado até outra empilhadeira, levando em consideração que pelo projeto a empilhadeira só permite transportar até 2 bags por viagem.

A segunda etapa do processo nada mais é do que a empilhadeira despachar os bags até o caminhão de transporte no qual este irá se direcionar até o armazém de açúcar (Figura 4). Chegando até o armazém, uma empilhadeira estará direcionando os bags até determinado local para armazenagem.

Figura 4: Segunda etapa do processo teórico.



Fonte: Autor (2022)

Esta armazenagem deverá ser feita utilizando o método FIFO (First in, First out) ou seja, o primeiro que entra será o primeiro que sai, já que o açúcar com a ação do tempo poderá “empedrar” e isso não é interessante para os consumidores. Todo o açúcar é direcionado a uma cooperativa chamada Coopersucar que irá destinar aos consumidores finais que podem ser Coca – Cola, Mondelez, Chocolate Hershey’s, etc.

Uma ideia interessante a ser feita é deixar os bags prontos para serem empilhados de prontidão, assim economizando tempo de deslocamento. Uma curiosidade é que hoje muitos clientes rejeitam bags da cor branca por remeter a sujeira se mal armazenado, caso haja umidade após o bag retirado do armazém a cooperativa se responsabiliza pelo produto. Esta etapa no software garantirá a realização de medidas no processo real, a animação deste processo estará disponível no link do Youtube disponibilizado aqui nos anexos.

- **Etapa no chão de fábrica, tudo sobre a armazenagem do açúcar:**

Nesta etapa final será definido os cálculos que se julguem necessários a fim de otimizar o processo para padronizá-lo. Algumas questões que devem ser analisadas são a quantidade de frotas disponíveis na empresa, a quantidade de galpões para estocagem, qual a rota do transporte até o galpão, qual o preço de um big bag de açúcar de 1200kg, se, qual o tempo de carregamento e como é realizado e qual o rearranjo feito na pá carregadeira até o caminhão. Estas questões são muito importantes, pois definem planos de ação a serem feitos e que podem sim reduzir o Lead time.

A Usina em vigor é caracterizada pela produção do açúcar VHP, cujo principal cliente se destina a CJ Brasil para fabricação de ração animal. Hoje o processo segue o seguinte fluxo: O açúcar cai em um silo por via de esteiras móveis que se dirige até o caminhão transporte, este caminhão já carregado com o açúcar se dirige até uma outra esteira pra realização do descarregamento preenchendo as áreas ou lacunas do armazém (Figura 5).

Figura 5: Processo de silagem do carregamento do açúcar a ser estocado.



Fonte: Autor (2022)

Seguindo o processo, o caminhão se dirige até uma pilha específica que o supervisor da área aponte. Após isso, ele é basculado até a esteira móvel que formará a pilha do açúcar (Figura 6)

Figura 6: Processo de descarregamento do açúcar.



Fonte: Autor (2022)

Segundo os dados fornecidos pela supervisão o tempo de carregamento chega constar em média 18 minutos e o tempo de descarregamento entre 12 a 15 minutos. O caixote do caminhão tem capacidade de transportar 12.000kg e enquanto um é descarregado, um segundo já se direciona pro carregamento.

Todo o açúcar é a granel, ou seja, não há ensaque do produto, esse tipo de açúcar não é dirigido ao consumo humano (diferente dos açúcares que contém em produtos como refrigerantes, chocolates, etc.). Esse açúcar é direcionado para cooperativa Coopersucar que é responsável em distribuir ao cliente final, ou seja, o cliente da Usina é a cooperativa, porém ela quem faz o intermédio entre comprador e produtor.

Quando a Coopersucar estipula um cronograma pro açúcar ser recolhido e despachado há o carregamento do açúcar que está estocado para a carreta cuja capacidade pode ser até 34.000kg apenas do produto carregado. Esse carregamento do açúcar estocado no chão até o caminhão se dá pela Pá carregadeira KOMATSU WA200-5 no qual sua concha tem capacidade em carregar 2.500kg (Figura 7).

Figura 7: Pá Carregadeira KOMATSU WA200-5

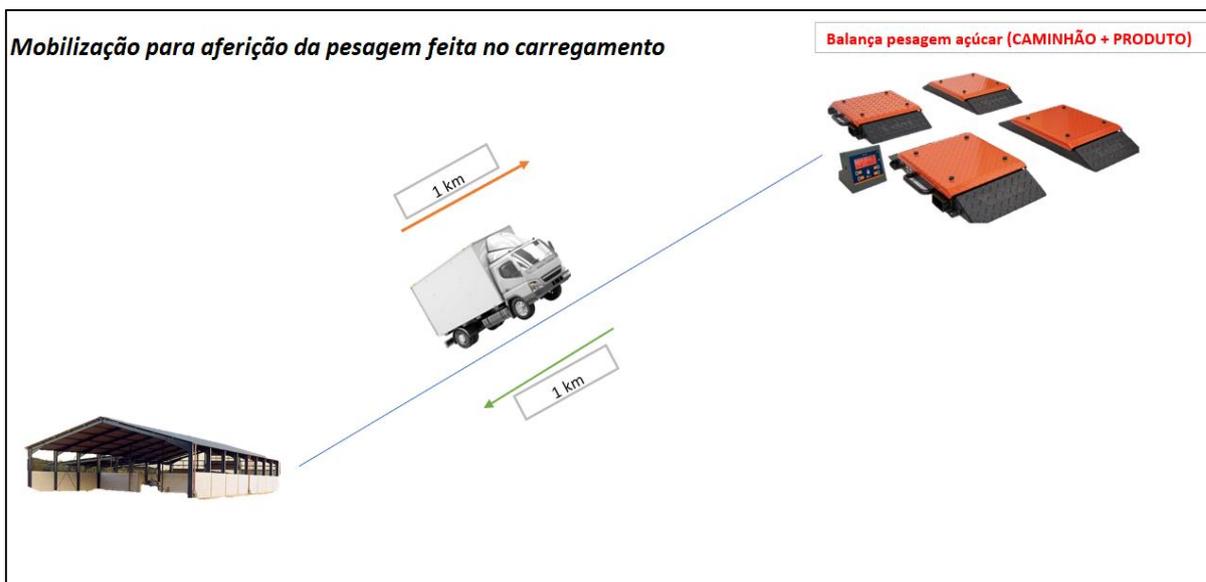


Fonte: KOMATSU (2022)

Entretanto, o maior “gap” do processo é que o operador da máquina faz a pesagem apenas pelo visual o que não demonstra exatidão, nem confiança fazendo com que o caminhão carregado esteja com excedente ou com falta de açúcar. Desta forma, o caminhão necessita sair do armazém de açúcar e ir até a balança para efetuar a medição (sendo a mesma balança utilizada para medição de quando a cana chega do campo para ser moída na indústria) (Figura 8).

O deslocamento corresponde em torno de 2 quilômetros (1 km para ida e 1 km para volta), porém causa atraso no fluxo do processo, consumo de diesel do caminhão e retrabalho da mão de obra para acrescentar ou retirar produto do caminhão sendo que neste tempo poderia estar terminando o carregamento de um segundo caminhão.

Figura 8: Diagrama constando lacuna no processo.



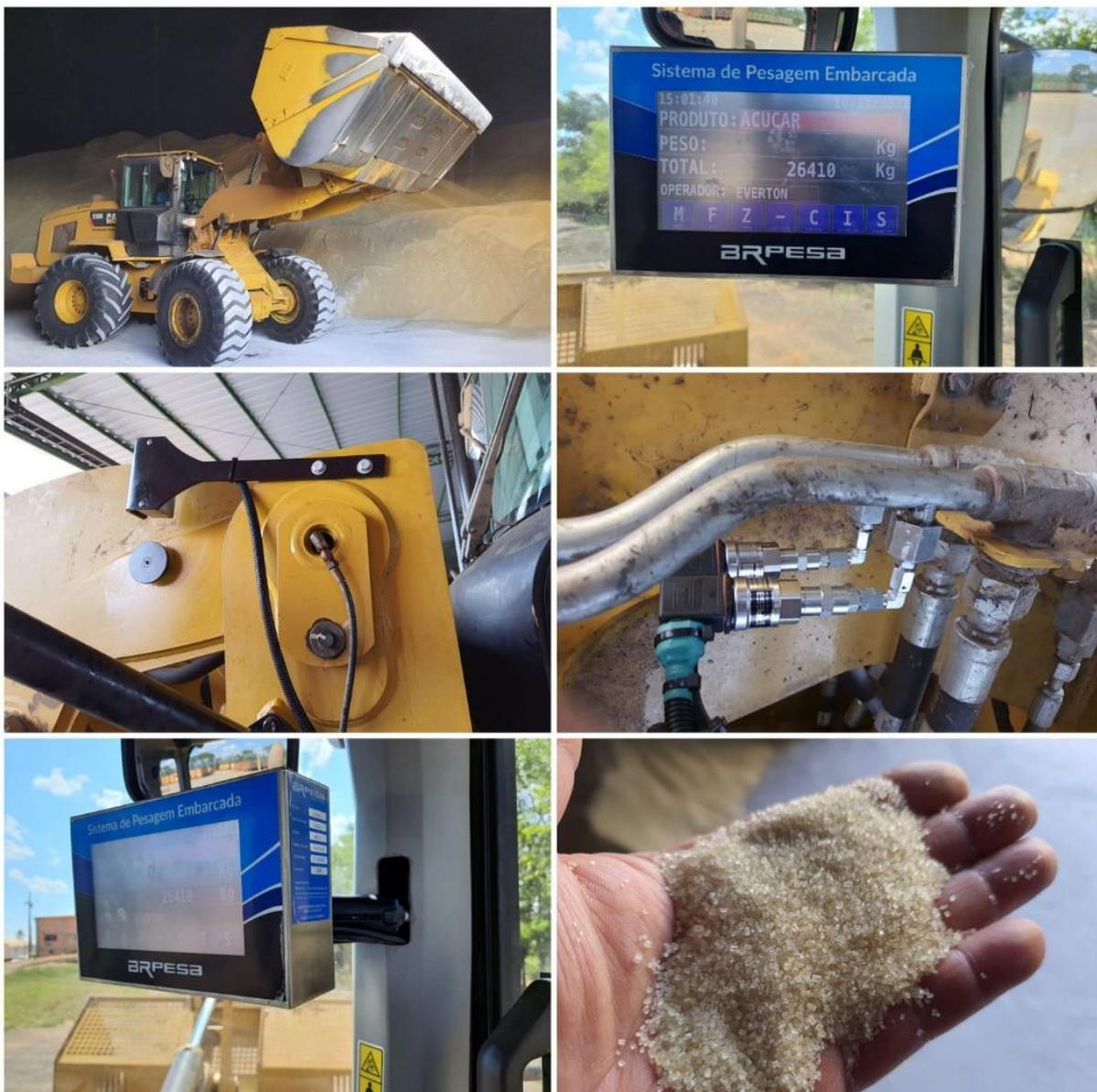
Fonte: Autor (2022)

- *Qual a alternativa que foi encontrada neste retrabalho?*

Há no mercado um dispositivo de balança embarcada extremamente tecnológico que auxilia e intensifica a exatidão da medição no próprio equipamento evitando a necessidade de deslocamento excessivo e podendo fazer impressões da pesagem em tempo real de acordo com a necessidade. Esse dispositivo conta com um sensor que a partir do levantamento da concha gera estes dados de acordo com a pressão que o óleo exerce na atuação do pistão (Figura 9).

Desta maneira, o intuito da pesquisa se deu em realizar um orçamento com a empresa BRPESA pelo produto vendido e analisar o tempo de deslocamento a ser poupado com esta tecnologia e o consumo de combustível a ser reduzido, visto que o dispositivo poderia ser pago através dessa redução além de esboçar o tempo necessário para adquirir o valor orçado através desta economia de tempo e diesel.

Figura 7: Exemplo de instalação do dispositivo BRPESA com bordo e impressão embutida numa Caterpillar 938k.



Fonte: Autor (2022)

O plano de ação adotado seria a instalação do dispositivo, portanto pela cotação observa-se que o preço à vista é de R\$ 17.700,00, porém a ideia é enxergar qual seria a vantagem em adquiri-lo traçando cálculos e visando hipóteses de operação. Para isso foi usado algumas ferramentas de gestão da qualidade, como o exemplo da figura 10.

Figura 8: Brainstorm de análise de inspeção do processo:



Fonte: Autor (2022)

Levando em consideração o horário disponível para carregamento das carretas das 7 horas da manhã até as 17 horas da tarde (horário administrativo), temos em média 20 carretas fazendo o carregamento. Então temos que 20 carretas fazendo aferição da pesagem do açúcar a um deslocamento de 2 km;

Propondo que isso aconteça uma vez por carregamento temos o seguinte:

- O tempo de carregamento do caminhão a partir da capacidade da concha da pá carregadeira que é de 2.500kg;
- A capacidade de 34.000kg na carreta, nos dando uma margem de aproximadamente 14 ciclos para pá carregadeira completar o carregamento ($34.000 \div 2.500$ da capacidade da concha);
- Podemos colocar um tempo de carregamento variando entre 15 a 18 minutos até encher a borda do caminhão;
- Havendo incerteza da pesagem carregada o caminhão se desloca 2 quilômetros para conferência;
- Pegando como base a média de consumo de um caminhão Mercedes Atego 2430 como 3.5 km/litro, temos o seguinte cálculo referente ao movimento retilíneo uniforme:

$$\Delta S = \Delta \text{Velocidade} \times \Delta \text{tempo}$$

❖ **Transformar km/h em m/s multiplicando por 3,6:**

$$2000 \text{ (metros)} = 3.5 * (x3,6) \times \Delta \text{tempo}$$

$$\Delta \text{tempo} = \frac{2000}{12,6}$$

$$\Delta \text{tempo} \cong 158,7 \text{ segundos} + 30 \text{ segundos (aguardando pesagem)}$$

$$\Delta \text{tempo} \cong 188,7 \text{ segundos ou } 3,1 \text{ minutos}$$

Agora pegamos esse tempo padrão para 20 carretas no dia:

$$\text{Tempo total} = 20 * 3,1 \text{ minutos}$$

$$\text{Total} = 62 \text{ minutos ou } 1 \text{ hora e } 2 \text{ minutos}$$

Então visualmente, observamos que no dia todo há um grande atraso no processo visto que esse tempo poderia ser melhor aproveitado. Agora pegou-se o preço atual do diesel S10 na cidade de Avaré-SP de R\$ 7,85, realizando o seguinte custo:

$$20 \text{ caminhões} * \text{deslocamento de } 2 \text{ km} = 40 \text{ km percorridos/dia}$$

$$\begin{array}{r} 3,5 \text{ km} \text{ --- } 1 \text{ litro} \\ 40 \text{ km} \text{ --- } x \text{ litros} \end{array}$$

$$= 11,42 \text{ litros de diesel no dia}$$

$$= 11,42 \text{ litros} * \text{R\$ } 7,85 \text{ cada litro}$$

$$\cong \text{R\$ } 90,00 \text{ de diesel utilizado a cada dia de carregamento}$$

Concluindo, tem-se que o preço do dispositivo implantado é de R\$ 17.700,00, então se a cada carregamento temos um gasto de R\$ 90,00. Com este valor economizado seriam necessários 196 dias de carregamento para pagar o dispositivo em tese. Portanto, havendo 196 dias de carregamento economizaríamos 12.152 minutos ou 202 horas ou 8 dias e meio, o que seria tempo hábil para executar outras pendências existentes no processo. E por fim, havendo

essa implantação o processo seria padronizado com o treinamento devido aos colaboradores para melhor desempenho e rendimento da produção (Figura 11).

Figura 11: Orçamento adquirido e variáveis de processo a serem analisadas.

Preço Kit Balança embutida BRPESA	
Tempo de CARREGAMENTO (estocagem)	18 minutos
Tempo de descarregamento (estocagem)	12 a 15 minutos
Capacidade do caminhão transporte	34000 kg
Velocidade Média do Caminhão =	2 km/h
Capacidade da concha da Pá Carregadeira Komatsu	2.500 kg
Preço do Diesel S10 R\$	7,85
Quantos carregamentos a pá carregadeira precisa para encher o caminhão de 34.000kg $34000/2500 \rightarrow$ Capacidade do caminhão / capacidade da máquina 13,6	
SISTEMA DE PESAGEM BRPESA: R\$ 13.000,00 IMPRESSORA SERIAL INOX: R\$ 2.200,00 INSTALAÇÃO E TREINAMENTO EM AVARÉ/SP: R\$ 2.500,00 TOTAL: R\$ 17.700,00	
CONDIÇÕES DE PAGAMENTO: Opção 1, até 9x, no cartão de crédito: R\$ 5.040,00 no pedido + R\$ 12.660,00 em 9x no cartão de crédito. Total R\$ 17.700,00	
Opção 2, até 5X no boleto: R\$ 5.040,00 no pedido + 5X de R\$ 2.464,00 no boleto. Total R\$ 17.360,00	
Opção 3, À VISTA: R\$ 5.040,00 no pedido + R\$ 11.650,00 na data da instalação. Total R\$ 16.690,00	
Prazo de entrega: 05 dias Previsão de instalação: de 07 a 10 dias	
11:37	

Fonte: Autor (2022)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos dados estipulados durante toda a pesquisa o software FlexSim atende uma demanda muito grande de utilizações. Por isso, a versão estudante do software apresenta em si algumas limitações de acesso em outras configurações, porém o programa segue sendo indispensável para pesquisa, no qual é acessível no próprio computador pessoal.

Como é possível visualizar, o processo é bem simples simbolizando uma entrada, uma fila para processamento de matéria prima, um operador para identificar pedidos com maiores prioridades, o empacotamento e uma saída. Lembrando que todo o processo cabe a supervisão da área fazer os devidos rearranjos como propõem o estudo desta pesquisa para assim atingir um tempo de ciclo menor.

A pesquisa teve o intuito de demonstrar que a partir do software é possível criar um panorama industrial. De fato, o físico é totalmente diferente e apresenta variáveis de processo a todo momento que podem ser alterados de acordo com a operação. E lembrando que para que haja evolução no comportamento de um processo é necessário se atentar as novas tecnologias presentes no mercado que podem antecipar a entrega do produto para ganho de mercado antecipando-se em relação a concorrência.

Os resultados se mostrarem acima do esperado visto que a aplicação do tema Lead time engloba vários setores que impactam a cadeia produtiva como um todo, porém para se obter uma redução significativa é necessário tratar um foco em específico para poder expandir esta redução para demais cadeias. A redução do Lead time não só auxilia no ganho de mercado, mas como intensifica a lucratividade da empresa ao atingir metas.

REFERÊNCIAS

- BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, organização e logística empresarial**. Trad. Elias Pereira. 4ª ed. Porto Alegre: Ed. Bookman, 2001.
- LEÃO, T. **Lead Time: o que é, para que serve e como reduzir**. [S.l.]: Nomus, 2021. Disponível em: < <https://www.nomus.com.br/blog-industrial/lead-time/> >. Acesso em: 09 fev. 2021.
- TEIXEIRA, W. D. et al. **Redução do Lead Time de importação de peças automotivas em uma importadora situada em Itumbiara, utilizando método de controle de processos: um estudo de caso**. Catalão: Sienpro - Simpósio de Engenharia de Produção, 2017. Disponível em: < https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1012/o/Wilker_Duarte_Teixeira.pdf >. Acesso em: 02 fev. 2021.
- RIBEIRO, M. A. **Instrumentação**. 9ª ed. Salvador: Tek Treinamento & Consultoria Ltda, 2002. Cap.1, p.1-5.
- RIMANTHO, D., et al. **Application of six sigma and AHP in analysis of variable lead time calibration process instrumentation**. Indonésia: AIP Conference Proceedings, 2017. Disponível em: < <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.4975969> >. Acesso em: 27 fev. 2021.
- MCROBERTS, M. **Arduíno Básico**. 1ª. ed. São Paulo: Novatec Editora Ltda, 2011. Cap.1, p.18-24.
- TOSTES, L. R. M. **Instrumentação e controle do processo de produção de uma microcervejaria**. Rio de Janeiro: monografias poli ufrj, 2015. Disponível em: < <http://monografias.poli.ufrj.br/monografiadownload.php?arquivo=monopoli10013395.pdf&codigo=1901> >. Acesso em: 27 fev. 2021.
- VENTURELLI, M. **Indústria 4.0: uma visão da automação industrial**. [S.I], 2014. Disponível em: < <https://www.automacaoindustrial.info/industria-4-0-uma-visao-da-automacao-industrial/> > Acesso em: 11 mar. 2021.
- GAUB, Heinz. **Indústria 4.0**. [S. I], 2016. Disponível em: < <https://www.arburg.com/pt/br/centro-de-midias/videos/produtos/industria-40/> >. Acesso em: 11 mar. 2021.
- GROOVER, M. P. **Introdução aos Processos de Fabricação**. 1ª ed. Rio de Janeiro: LTC — Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 2014. Cap. 4.
- RODRIGUES, L. H. **Interferência do índice de automação no lead time e na mão-de-obra direta, em processos de fabricação de fios de fibras descontínuas curtas**. 2004. 124p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas, SP. Disponível em: < <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/264361> >. Acesso em: 26 fev. 2021.
- COUTINHO, T. **Lean Manufacturing: o que é e como funciona?** [S.l.]: Voitto, 2020. Disponível em: < <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/lean-manufacturing> >. Acesso em: 13 fev. 2021.

SINGH, S.; SONI, U. **Predicting Order Lead Time for Just in Time production system using various Machine Learning Algorithms: A Case Study**. Noida: IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2019. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8776892>>. Acesso em: 26 fev. 2021.

CARVALHO, M. M. D.; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda, 2012. Cap.2, p.26.

LIMA, Andrey Domingues de et al. **Proposta de aplicação da abordagem Quick Response Manufacturing (QRM) para a redução do lead time em operações de escritório**. Prod., São Paulo, v. 23, n. 1, p. 1-19, mar. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132013000100001&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 03 mar. 2021.

FREITAS, L. D. et al. **Analysis and proposal of reduction of lead time in the process of cutting, loading and transportation in a sugar cane factory: a study case**. São Carlos, 2019. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2019000300221&lng=en&nrm=isso>. Acesso em: 01 Mar. 2021.

PEREZ-RAMOS, J. **Motivação no trabalho: abordagens teóricas**. Psicol. USP, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 127-140, dez. 1990. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-51771990000200004&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 03 mar. 2021.

BORJA, P., et al. **The value of lead time reduction and stabilization: A comparison between traditional and collaborative supply chains**. [s.l.], 2018. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1366554517301199?via%3DihDi>>. Acesso em: 03 mar. 2021.

GOLDRATT, Eliyahu M. e COX, Jeff. **A Meta**. São Paulo, NOBEL, 2002, n° de pg.: 365.