

ANEXO 3

DECLARAÇÃO DE INEXISTÊNCIA DE PLÁGIO

(Prática ilegal de apropriar-se da obra de terceiros sem autorização e sem a referência devida)

TÍTULO DE TRABALHO: SIMULAÇÃO E MODELAGEM DO PROCESSO PRODUTIVO: INDÚSTRIA METAL MECÂNICA.

Eu JEAN MAICON CAETANO LEITE declaro que, com exceção das citações diretas e indiretas claramente indicadas e referenciadas, este trabalho foi escrito por mim e, portanto, não contém plágio. Eu estou consciente que a utilização de material de terceiros incluindo uso de paráfrase sem a devida indicação das fontes será considerado plágio, e estará sujeito a processos administrativos da Unicesumar e sanções legais.

Por ser verdade, firmo a presente declaração.

Maringá, 25 de novembro de 2024.

Documento assinado digitalmente
 **JEAN MAICON CAETANO LEITE**
Data: 30/11/2024 23:57:03-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome e/ou assinatura do autor (a)

UNIVERSIDADE CESUMAR- UNICESUMAR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**SIMULAÇÃO E MODELAGEM DO PROCESSO PRODUTIVO:
INDÚSTRIA METALMECÂNICA.**

JEAN MAICON CAETANO LEITE

MARINGÁ – PR
2024

JEAN MAICON CAETANO LEITE

**SIMULAÇÃO E MODELAGEM DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA
PLANTADEIRA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Centro de Ciências Exatas Tecnológicas e Agrárias da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr. Fernando Pereira Calderaro.

MARINGÁ- PR

2024

FOLHA DE APROVAÇÃO

JEAN MAICON CAETANO LEITE

SIMULAÇÃO E MODELAGEM DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA PLANTADEIRA

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Centro de Ciências Exatas, Tecnológicas e Agrárias da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para obtenção do título bacharel em Engenharia Mecânica, sob a orientação do Prof. Dr. Fernando Pereira Calderaro.

Aprovado em: _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudio Ichiba - Unicesumar

-

Orientador Prof. Dr. Fernando Pereira Calderaro - Unicesumar

RESUMO

Neste presente artigo serão retratados a simulação de um processo produtivo, de uma indústria de equipamentos de plantio. Com o enfoque em realizar melhorias no setor de montagem. Neste modelo de simulação será utilizado o software Arena, objetivando resultados condizentes com a situação real da empresa. O projeto iniciará apresentando um embasamento teórico, seguido pela descrição da empresa e do processo em questão, posteriormente evidenciaremos os resultados da simulação, com os dados previamente fornecidos pela organização. Por fim, será apresentado um cenário potencializado, juntamente com os resultados obtidos pelo trabalho

Palavra Chave: Simulação, Processo

ABSTRACT

This article presents the simulation of a production process in a planting equipment industry, focusing on improving the assembly sector. The Arena software will be used in this simulation model, aiming for results consistent with the company's real situation. The project will start with a theoretical foundation, followed by a description of the company and the process in question. Subsequently, we will highlight the simulation results, using data previously provided by the organization. Finally, an enhanced scenario will be presented along with the results obtained from the work.

Keywords: Simulation, Process

INTRODUÇÃO

As empresas enfrentam uma competição cada vez mais acirrada enquanto buscam continuamente melhorias e reduções de custos no contexto do crescente avanço do setor industrial agrícola. Para Junior e Cardoso (2018), a falta de planejamento estratégico pode ter consequências críticas para uma empresa, pois pode gerar uma série de dificuldades para o negócio. Pensando neste âmbito, a tecnologia está cada vez mais presente nas decisões e planejamento estratégico. A simulação é uma ferramenta muito utilizada para analisar tempos em fila e processo ou até mesmo prever solução para um problema, a fim de reduzir os custos, seja no tempo de processo ou o melhor aproveitamento de funcionários.

Em situações como essa, a tomada de decisões confiáveis e acessíveis é fundamental para a sobrevivência de uma empresa. Com essa demanda as empresas de software de simulação são de grande valia pois quando há necessidade de tomar decisões de alto risco e os recursos são limitados, essas ferramentas são particularmente úteis.

Segundo Shanon (1992) é possível que a simulação de processos ajude engenheiros e gestores no planejamento estratégico e operacional, a capacidade de analisar atividades complexas e tomar decisões melhora com essa abordagem.

A simulação, de acordo Prado (2014), é um método de solução de problemas em que um modelo é usado para descrever o comportamento do sistema estudado. Usando um sistema computadorizado, é possível avaliar o comportamento de um sistema em várias situações e circunstâncias. De acordo com Branks (1999), as organizações agora usam a simulação não apenas para resolver problemas específicos, mas também para incorporar o método às operações diárias, obtendo benefícios constantes.

De acordo Gavira (2003), a simulação possibilita a conversão de informações em conhecimento aplicável ao processo decisório. Além disso, essa ferramenta promove a análise crítica de dados, a formulação de perguntas, a descoberta de respostas e o desenvolvimento de uma visão sistêmica.

Neste contexto, o objetivo deste estudo de caso é analisar uma indústria do setor metalmeccânico, localizada na região de Maringá no estado do Paraná, a empresa enfrenta desafios como baixa produtividade, atrasos nas entregas e escassez de peças para sua produção, afetando sua eficiência e competitividade.

Este estudo propõe analisar e sugerir melhorias no processo produtivo para resolver esses problemas, concentrando seus esforços na redução do tempo de montagem e aumento da produtividade da plantadeira equipada com onze linhas.

Com a utilização software, faremos uma modelagem do cenário atual do setor da linha de montagem, após as devidas análises, apresentaremos uma tomada de decisão tendo base nos resultados da simulação apresentada.

Foi escolhido o software de simulação computacional Arena para o presente estudo. O principal fator que determina a escolha deste software é a familiaridade do autor com a ferramenta e a disponibilidade em versão gratuita para estudantes.

REFERÊNCIAL TEÓRICO

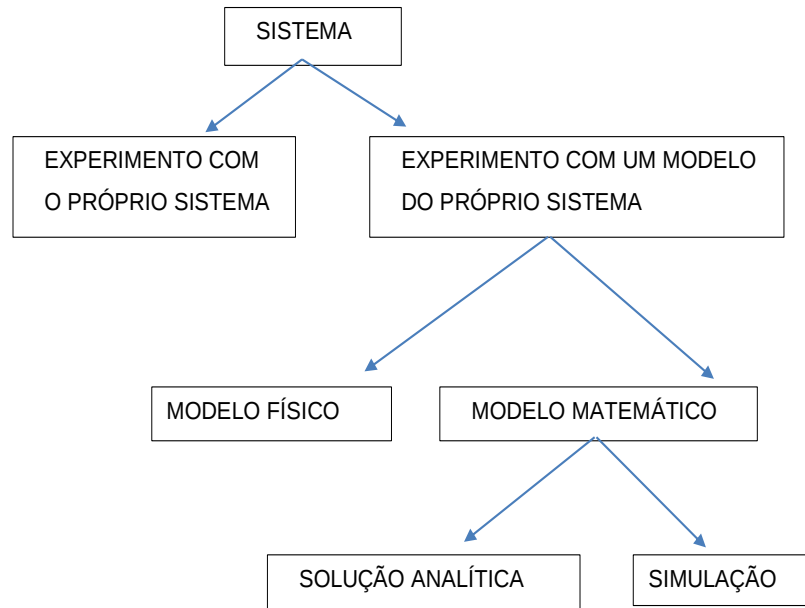
Para Calderaro (2021), A simulação é uma abordagem de resolução de problemas que descreve o comportamento de um sistema produtivo usando um modelo. O uso da simulação como ferramenta de análise de problemas, geralmente é justificado pelo fato de que é necessário compreender os efeitos das mudanças no sistema real antes de implementá-las. Simular e testar vários cenários ajuda a tomar decisões mais eficazes, reduzindo os riscos e maximizando os resultados.

Além disso, a modelagem tem grande valia para a simulação do sistema. Com o uso desta ferramenta é esperado que o sistema funcione de forma eficiente e otimizada. Otimização significa que teremos um bom resultado com menores custos possíveis, um processo ou sistema adequadamente dimensionado está equilibrado, essas atividades são nomeadas como modelagem de sistemas (PRADO, 2014).

Os sistemas são divididos em duas situações podendo ser discretos ou contínuos, dependendo de como seus dados se comportam. As quantidades medidas são inteiras em sistemas discretos, como máquinas, equipamentos e pessoas; no entanto, sistemas contínuos possuem uma variação em seu estado como o fluxo de material por uma tubulação. Podendo ser analisado de duas maneiras: experimentando com o sistema atual ou com modelos copiados do sistema real (CALDERARO, 2021).

A abordagem do objeto de estudo determinará se a análise de um problema será bem-sucedida ou não, bem como os recursos necessários para sua solução. Law e Kelton (2000) descrevem as maneiras como um sistema pode ser estudado. As maneiras possíveis de estudar um sistema são representadas na figura 1.

Figura 1: Maneiras de estudar o sistema.



Fonte: Law e Kelton (2000)

Os autores acima afirmam que um método para estudar um sistema é necessário fazer experimentos com ele, e analisar como ele se comporta. Os custos e riscos associados a esta opção geralmente são maiores, pois as modificações necessárias no projeto inicial podem fugir significativamente da ideia original, aumentando o custo além do previsto. Além disso, problemas imprevistos podem dificultar a execução do experimento. Em situações em que a experimentação com o próprio sistema não é possível ou recomendável, pode-se construir um modelo representativo do sistema estudado e analisar o comportamento desse modelo em vários cenários.

Em casos de otimização de processos Stamm (1998) relata que, o uso de modelos traz muitos benefícios, e em algumas situações, é inevitável, quando o sistema não está disponível para experimentos, devido a diversos motivos, como riscos de grandes prejuízos financeiros. A essência da otimização concentra-se na construção e no uso de modelos de simulação.

O primeiro sistema de simulação comercial foi o GPSS (General Purpose), fornecido pela IBM (International Business Machines) e que foi extremamente popular nas décadas de 1960 e início da década de 1970. Thomas J. Shriber foi um dos desenvolvedores da programação GPSS, publicando seu livro, *Simulation Using GPSS*, em 1974.

De acordo com Silva (2007) outras linguagens como SIMAN e SLAM II surgiram no início da década de 1980, alguns simuladores ou pacotes de simulação foram desenvolvidos nesta década para aumentar a velocidade do processo de modelagem. Esses simuladores incluíam componentes particulares para representar filas, transportadores entre outros. Uma característica adicional dos pacotes de simulação foi a redução da necessidade de um conhecimento específico de programação, como feito em sistemas anteriores.

A década de noventa foi marcada pelo uso massivo dos microcomputadores, resultante da queda nos preços dos computadores, bem como o uso da tecnologia Windows e da Internet. O desenvolvimento de modelos mais complexos e em tempos mais rápidos foi possível graças a computadores mais poderosos possibilitando a chegada dos simuladores WITNESS e ProModel, que ofereceram mais interatividade e animação. Em seguida, outros pacotes começaram a ser comercializados como: Arena, FlexSim e Taylor II (ORTEGA, 2002).

A maioria dos modelos de simulação são do tipo entrada-saída, isto é, são modelos interativos que fornecem dados de entrada, obtendo-se respostas específicas. Pode-se citar algumas vantagens baseadas em Banks (1999) e Freitas Filho (2008) uma vez criado, um modelo de simulação pode ser utilizado inúmeras vezes para avaliar projetos e políticas propostas, enquanto os modelos analíticos requerem um número muito grande de simplificações para torná-los matematicamente tratáveis, os modelos de simulação não apresentam tais restrições. Diante do exposto, nos modelos analíticos, as análises recaem apenas sobre um número limitado de medidas de desempenho. De maneira contrária, as informações geradas pelos modelos de simulação permitem a análise de praticamente, qualquer medida concebível. O tempo pode ser controlado, comprimindo ou expandindo, permitindo reproduzir os fenômenos de maneira lenta ou acelerada, para que se possa melhor estudá-los.

Pode-se compreender melhor quais variáveis são as mais importantes em relação à performance, e como as mesmas interagem entre si e com os outros elementos de sistema. A identificação de “gargalos” é a preocupação maior no gerenciamento operacional de inúmeros sistemas, tais como fluxos de materiais, informações, e produtos sendo estes obtidas de forma facilitada, principalmente com a ajuda visual.

Diante disto Freitas Filho (2008) fala que, para a realização do processo de simulação, é imprescindível coletar informações e dados por meio de observações, experiências pessoais ou arquivos históricos. O modelo desenvolvido deve ser codificado em uma linguagem de simulação apropriada. Após a conclusão dessa etapa, é essencial executar simulações para gerar os dados desejados e verificar a correção de todas as informações fornecidas. Com base nas análises realizadas, pode ser necessário aumentar o número de execuções (replicações) do modelo, a fim de alcançar a precisão estatística desejada nos resultados.

METODOLOGIA

Inicialmente, foram realizadas pesquisas bibliográficas com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre o tema em questão. Após a revisão da literatura, procedeu-se à escolha do software Arena para a elaboração da modelagem e simulação do processo.

A simulação será elaborada com os seguintes parâmetros: cinco reaplicações com duração de oito horas e quarenta e oito minutos por dia, durante cinco dias. Para a elaboração do relatório utilizará a opção SIMAN summary report, para melhor visualização dos resultados.

O foco do estudo será uma linha de produção que utiliza o método de produção fordista. Segundo Cunha (2016) a principal característica do funcionamento do Fordismo é o formato de produção. Em uma empresa que segue este método, cada funcionário é responsável por uma parte específica da produção do equipamento.

A instituição em foco está localizada na região de Maringá-PR e caracteriza-se como uma empresa de médio porte, empregando cerca de quinhentos funcionários. Sua especialização no mercado agrícola concentra-se na fabricação de máquinas para plantio, com ênfase em plantadeiras e semeadeiras destinadas ao método de plantio direto. Um de seus produtos é a plantadeira do modelo simplificado com 11 linhas, que será o objeto de estudo para a simulação.

A empresa se queixa de baixa produtividade, atrasos nas entregas e falta de peças para a execução das atividades, o que compromete a eficiência e a competitividade no mercado. Diante desses desafios, este estudo visa analisar e propor melhorias no processo produtivo.

Os dados requeridos para a modelagem do processo incluíram: o tempo médio de montagem em cada estação de trabalho, o número de colaboradores alocados em cada uma dessas estações, uma descrição detalhada das tarefas realizadas, bem como uma elaboração sobre as peças necessárias para a montagem em cada posto. Os valores pertinentes foram fornecidos pela empresa, sendo fundamentais para o desenvolvimento do presente artigo científico. Na análise do relatório, serão considerados fatores relevantes, como o tempo de produção, a quantidade de equipamentos que ingressaram e saíram do sistema, assim como aqueles que permaneceram no meio do processo.

Subsequentemente, com base nos resultados obtidos algumas propostas de alterações no modelo serão delineadas, com o intuito de otimizar o tempo e aumentar a produtividade. É importante destacar que esta empresa não se limita à produção deste único modelo de plantadeira. No entanto, para a análise, foi escolhido exclusivamente o modelo de 11 linhas, devido à sua produção sazonal, que ocorre exclusivamente no último trimestre do ano, e também pela facilidade de coleta de informações do processo, disponibilizadas tanto pelos autores quanto pelos funcionários, além dos dados fornecidos pela empresa.

DESENVOLVIMENTO

A linha de montagem está dividida em nove estações de trabalho, numeradas sequencialmente de 01 a 09, totalizando 25 colaboradores no setor. A descrição formal das atividades em cada estação é a seguinte:

- Estação 01 (Montagem 01): Recebimento do chassi na linha de montagem e instalação dos rodados ao chassi.
- Estação 02 (Montagem 02): Acoplamento das linhas de semente e adubo, previamente montadas, ao chassi.
- Estação 03 (Montagem 03): Montagem do sistema de embreagem no equipamento.
- Estação 04 (Montagem 04): Fixação dos reservatórios de adubo e semente ao equipamento.
- Estação 05 (Montagem 05): Instalação do sistema de transmissão para adubo e semente.
- Estação 06 (Montagem 06): Incorporação do sistema hidráulico e elétrico ao equipamento.
- Estação 07 (Montagem 07): Assemblagem do cabeçalho e adesivos.
- Estação 08 (Montagem 08): Realização dos acabamentos gerais.
- Teste de qualidade (Rolo de Teste): Com média de 82% produtos bons.
- Estação 09 (Montagem 09): Inspeção final e liberação da máquina.

A empresa forneceu dados coletados por um de seus funcionários sobre os tempos de montagem em 20 ocasiões distintas. Foram passados os valores médios dos tempos, juntamente com os desvios padrão, expressos em minutos, para cada estação de trabalho. O tempo entre as estações é de 5 minutos, uma vez que a linha é movimentada com o uso de uma empilhadeira. Os dados referentes ao número de colaboradores e a média de tempo com o desvio padrão encontram-se ilustrados na Tabela 1.

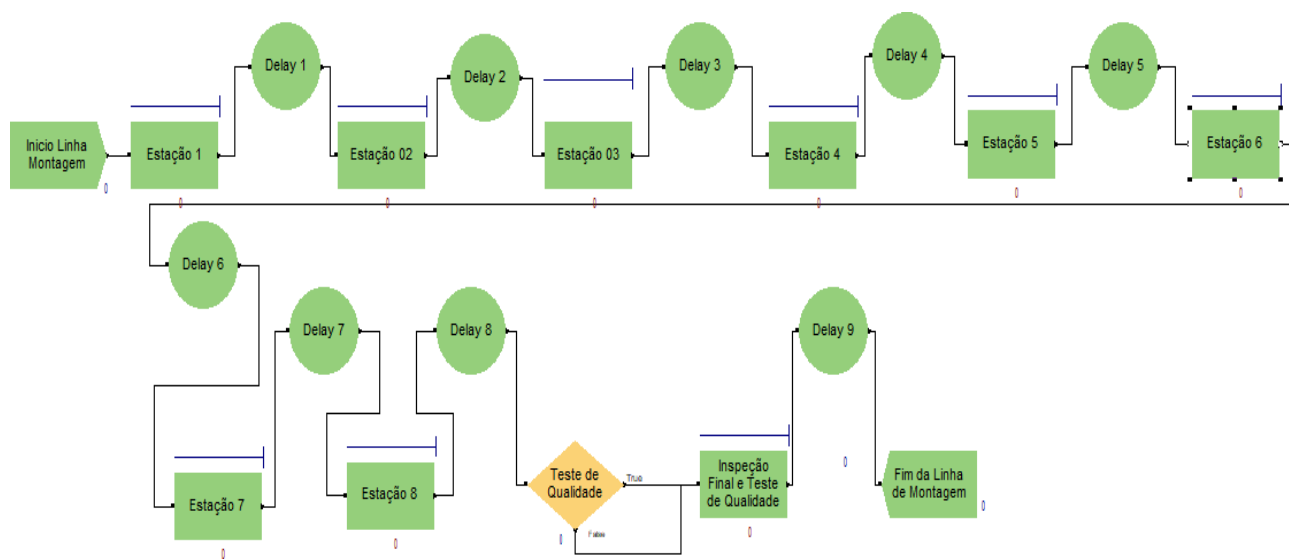
Tabela 1: Tempo médio, Desvio Padrão e quantidade de funcionários por estação

Posto	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Tempo min	190	63	95	47	100	97	95	80	89
Desvio padrão	3	1,05	1,58	0,78	2,35	2,41	3,36	2,2	1,7
Colaboradores	3	4	2	2	3	5	2	2	2

Fonte: Elaborado pelo autor

Para modelar e analisar estrategicamente o processo de produção do equipamento, foi utilizado o software Arena. Conforme descrito por Prado (2014), os princípios fundamentais para a modelagem neste software incluem elementos que caracterizam pessoas, objetos, processos e outras fases que constituem as estações de trabalho. A figura 2 apresenta o modelo em sua forma real, evidenciando a dinâmica dos processos envolvidos.

Figura 2: Modelo do processo produtivo real criado pelo software arena



Fonte: Autor

O fluxograma inicia com a função *create*, que estabelece a chegada de dois chassis a cada sessenta minutos na primeira estação de trabalho, definida pela função *process*, destinada à instalação dos rodados. Em seguida, há um *delay*, que representa o tempo de espera necessário para a movimentação dos equipamentos entre as estações na linha de montagem. Continuando a análise, a figura apresenta a função *process* referente à segunda estação, onde é realizado o acoplamento das linhas de semente e adubo ao chassis, seguido por outro *delay*.

Na terceira estação, a função *process* refere-se à montagem do sistema de embreagem no equipamento, seguida pelo terceiro *delay*. Posteriormente, na quarta estação, a função *process* abrange o acoplamento dos reservatórios de adubo e semente ao equipamento, seguida pelo quarto *delay*. Em seguida, a quinta estação possui a função *process* relacionada à instalação do sistema de transmissão, seguida pelo respectivo quinto *delay*.

No sexto *process* encontramos a incorporação dos sistemas hidráulicos e elétricos na plantadeira, seguido pelo sexto *delay*. Após este, o sétimo *process* faz relação com a montagem do cabeçalho e a aplicação dos adesivos, a seguir o sétimo *delay*. Na oitava estação o *process* é utilizado para identificar os acabamentos gerais referente a montagem do equipamento, a seguir o oitavo *delay*.

Na etapa subsequente, temos a figura *decide* que se refere ao teste de qualidade, em seguida o *process* da inspeção final e teste de qualidade. Após encontramos o ultimo *delay* e em seguida temos o *dispose* para a o fim da linha de montagem. Em cada *process* utilizamos a ação *Seize Delay Release* e como *Resources* foi adicionado o colaborador referente a estação de trabalho.

Utilizando os dados previamente fornecidos pela empresa, com a função *Data Definition* e recorrendo ao *Resource*, foi utilizado o padrão real de capacidade em relação ao número de colaboradores, como exemplificado na figura 3.

Figura 3: Número de colaboradores em cada estação de trabalho

	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics	Comment
1	Colaboradores Rodado	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
2	Colaboradores Linhas	Fixed Capacity	4	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
3	Colaboradores Embreagem	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
4	Colaboradores Reservatórios	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
5	Colaboradores Transmissão	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
6	Colaboradores Elétrico e Hidraulico	Fixed Capacity	5	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
7	Colaboradores Cabeçalho e Adesivo	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
8	Colaboradores Acabamentos	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
9	Colaboradores Qualidade	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	

Fonte: Autor

O modelo lógico-matemático desenvolvido permitiu a avaliação do desempenho de cada etapa do processo produtivo da plantadeira. Destaca-se que as simulações realizadas no software Arena abrangeram uma semana normal de trabalho da empresa. Com os dados estabelecidos no fluxograma, foi viável efetuar as definições finais e, dessa forma, executar a simulação para obter os resultados iniciais, como exemplificado na figura 4.

Figura 4: Relatório Modelo real

Máquina.TotalTime	1115.8
Máquina.NumberIn	86.000
Máquina.NumberOut	42.000
Máquina.WIP	44.000

Fonte: Relatório Arena

Com base no relatório obtido pela simulação, observou-se que o processo produtivo de um equipamento possui uma duração média (Máquina Total Time) de 1115,8 minutos, correspondendo a 18,6 horas. Além disto, verificou-se que o número de equipamentos que saem prontos da linha de produção (Máquina Number Out) é de 42 máquinas, enquanto 86 plantadeiras entram na linha (Máquina Number In). Consequentemente, cerca de 44 máquinas permanecem paradas entre os postos de trabalho (Máquina WIP).

Como resultado do tempo médio de fila (Waiting Time) descritos na figura 5, verifica-se que os seguintes dados são apresentados: Estação 1 com 147 minutos de fila, Estação 5 com 104 minutos, Estação 8 com 5 minutos e as estações 6, 3, 2, 4, 7 e a inspeção final com menos de 1 minuto de fila.

Figura 5: Tempo médio na fila

Estação 1.Queue.WaitingTime	146.65
Estação 6.Queue.WaitingTime	.00000
Estação 5.Queue.WaitingTime	104.12
Estação 03.Queue.WaitingTime	.00000
Estação 02.Queue.WaitingTime	.00718
Estação 8.Queue.WaitingTime	4.7806
Estação 4.Queue.WaitingTime	.03483
Estação 7.Queue.WaitingTime	.55788
Inspeção Final e Teste de Qualidade.Queue.	.00000

Fonte: Relatório Arena

Com base nos resultados obtidos, identificou-se a necessidade de propor melhorias para a empresa. Foi sugerida uma nova realocação dos colaboradores para potencializar os setores com maior tempo de fila e, assim, maximizar a produção. A empresa também relatou a falta de peças durante o processo de montagem. Como solução, propôs-se a implementação de um estoque mínimo de peças para cada estação de trabalho, alinhado ao sistema kanban.

A nova distribuição dos colaboradores no setor seria a seguinte: remover um colaborador do Posto 2 e transferi-lo para o Posto 1, e remover um colaborador do

Posto 6 para transferi-lo ao Posto 5. Assim, a distribuição dos colaboradores no setor resultaria na seguinte disposição: Posto 01 e 06 com 4 colaboradores, Posto 04, 07, 08, 09 com 2 colaboradores, Posto 02, 03 e 05 com 3 colaboradores.

Figura 6: Nova distribuição dos colaboradores.

	Name	Type	Capacity	Busy / Hour	Idle / Hour	Per Use	StateSet Name	Failures	Report Statistics	Comment
1	Colab Rodado	Fixed Capacity	4	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
2	Colab Linhas	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
3	Colab Embreagem	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
4	Colab Reservatórios	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
5	Colab Transmissão	Fixed Capacity	3	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
6	Colab Elétrico e Hidraulico	Fixed Capacity	4	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
7	Colab Cabeçalho e Adesivo	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
8	Colab Acabamentos	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	
9	Colab Qualidade	Fixed Capacity	2	0.0	0.0	0.0		0 rows	☒	

Fonte: Autor

Após realizar as alterações sugeridas, foi conduzida uma nova simulação utilizando os mesmos parâmetros previamente estabelecidos para as replicações: cinco replicações, cada uma com duração de oito horas e quarenta e oito minutos. Com as ações propostas, foi realizada uma nova simulação, evidenciando a redução do tempo total necessário para produzir uma plantadeira. Além disso, observou-se uma diminuição no número de máquinas que saem prontas do processo, resultando consequentemente em um menor número de máquinas que permanecem entre os processos apresentados anteriormente. Como exemplificado na figura 7.

Figura 7: Relatório da nova simulação

<u>Máquina.TotalTime</u>	915.36
<u>Máquina.NumberIn</u>	86.000
<u>Máquina.NumberOut</u>	61.000
<u>Máquina.WIP</u>	25.000

Fonte: Autor

Comparando com o resultado da primeira simulação, houve uma redução de 200,44 minutos, equivalente a aproximadamente 3,34 horas, no tempo total de produção. Visto que, a quantidade de equipamentos que saem prontos aumentou em 19 unidades, enquanto o número de máquinas entre processos diminuiu em 19 unidades. Os tempos de fila melhoraram com o novo cenário, conforme demonstrado na figura 8.

Figura 8: Novo tempo médio de fila

Estação 8.Queue.WaitingTime	4.2980
Estação 6.Queue.WaitingTime	.00000
Estação 5.Queue.WaitingTime	.00000
Estação 03.Queue.WaitingTime	.00000
Estação 02.Queue.WaitingTime	.28656
Estação 1.Queue.WaitingTime	4.8583
Estação 4.Queue.WaitingTime	.02880
Estação 7.Queue.WaitingTime	.00000
Inspeção Final e Teste de Qualidade.Queue.	6.8467

Fonte: Autor

De acordo com o relatório obtido com o novo cenário, o tempo médio de espera na fila da estação 1 foi para 4 minutos, a estação 5 ficou sem fila. Na tabela 2 pode-se observar um comparativo entre os dois cenários:

Tabela 2: Comparativo dos resultados

	CenárioReal	Cenário Melhorado
<i>Total Time</i>	1116 min.	915 min.
<i>NumberIn</i>	86 unid.	86 unid.
<i>NumberOut</i>	42 unid.	61 unid.
<i>WIP</i>	44 unid.	25 unid.
<i>Estação 1 Waiting Time</i>	146,6 min.	4,8 min.
<i>Estação 2 Waiting Time</i>	0,0 min.	0,2 min.
<i>Estação 3 Waiting Time</i>	0,0 min.	0.0 min.
<i>Estação 4 Waiting Time</i>	0,0 min.	0,0 min.
<i>Estação 5 Waiting Time</i>	104,1 min.	0,0 min.
<i>Estação 6 Waiting Time</i>	0,0 min.	0,0 min.
<i>Estação 7 Waiting Time</i>	0,5 min.	0,0 min.
<i>Estação 8 Waiting Time</i>	4,78 min	4,2 min.
<i>Inspeção Waiting Time</i>	0,0 min.	6,8 min.

Fonte: Autor

A Tabela 2 apresenta uma análise comparativa pré e pós-implementação das melhorias. Observa-se que, para a fabricação da plantadeira em estudo, o tempo de ciclo de produção foi otimizado de 1116 minutos para 915 minutos, representando uma redução de 201 minutos, o que equivale a aproximadamente 18% do tempo inicial.

Além disso, o número de unidades concluídas na linha de produção aumentou significativamente, passando de 42 para 61 equipamentos finalizados. Consequentemente, a quantidade de máquinas em Work In Process (WIP) diminuiu de 44 para 25 unidades, indicando uma maior eficiência e fluidez no processo produtivo.

O tempo de espera (Waiting Time) também apresentou uma melhora no cenário avaliado. Inicialmente, as Estações 1 e 5 apresentavam gargalos em seus processos com tempos de espera de aproximadamente 104 minutos e 147 minutos. Após as melhorias implementadas, esses valores foram reduzidos para 0,0 minutos e 4,2 minutos, respectivamente. Houve pequenas variações no tempo de inspeção final, que passou para 6,8 minutos, o que não representa um impacto significativo no processo produtivo.

CONCLUSÃO

Com tudo concluímos que as ações propostas neste estudo tiveram sucesso em otimizar o processo produtivo e maximizar a produção. As melhorias implementadas resultaram em uma redução significativa nos tempos de fila e de processo, além de um aumento na produção semanal da plantadeira analisada. A nova distribuição dos colaboradores entre as estações de trabalho, junto com a implementação de estoques mínimos de peças e a redistribuição de atividades, mostrou-se eficaz na eliminação de gargalos e na melhoria da eficiência operacional.

A análise comparativa dos dados pré e pós-implementação confirmou que as mudanças realizadas reduziram o tempo total de produção em 201 minutos, o que equivale a uma redução de aproximadamente 18%. Além disso, o número de máquinas prontas na linha de produção aumentou em 19 unidades, enquanto a quantidade de máquinas em processo diminuiu na mesma proporção.

As propostas foram encaminhadas à gerência da empresa, que, após avaliar a primeira simulação, constatou sua compatibilidade com o cenário real do setor analisado. Com base nos dados observados, decidiram implementar as mudanças, começando pela redistribuição dos colaboradores, que estão atualmente em fase de treinamento para assumir seus novos postos. Além disso, foram criados estoques mínimos de peças, utilizando o sistema kanban para atender às necessidades da produção.

Portanto, a simulação computacional demonstrou ser uma ferramenta valiosa para o gerenciamento da produção, permitindo identificar pontos críticos e testar estratégias de otimização de forma eficaz. Por fim, este estudo reforça a importância de uma abordagem sistemática, baseada em dados para a gestão eficiente da produção industrial.

REFERÊNCIAS

- BANKS, J. Introduction to Simulation. In: Proceedings of the Simulation Conference, pp. 7-13, 1999
- CALDERARO, F. Simulação de Processos Produtivos. Maringá: UniCesumar, 2021
- CUNHA, Tadeu Henrique Lopes da. O fordismo/taylorismo, o toyotismo e as implicações na terceirização. Boletim Científico Escola Superior do Ministério Público da União, [S. l.], n. 47, p. 183–210, 2016. Disponível em: <https://escola.mpu.mp.br/publicacoescientificas/index.php/boletim/article/view/549>. Acesso em: 6 nov. 2024.
- FREITAS FILHO, P. J. Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas com Aplicações em Arena. 2. ed., Florianópolis: Visual Books, 2008.
- GAVIRA, M. O. Simulação Computacional como uma Ferramenta de Aquisição de Conhecimento. 2003. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: Ideias: (usp.br). Acesso em: 06 nov. 2024.
- JUNIOR, G. S.; CARDOSO, L. E. Z. Utilização do Software Arena para Análise de Demanda de um Estabelecimento de Estética. 7.º Jornada Científica e Tecnológica da Fatec. Botucatu. 01 nov. 2018. Disponível em: <http://www.jornacitec.fatecbt.edu.br/index.php/VIIJTC/VIIJTC/paper/viewFile/1541/1962>. Acesso em: 05 nov. 2024.
- LAW, A. M.; KELTON, W. D. Simulation modeling and analysis. 3. ed. Boston McGraw-Hill, 2000.
- ORTEGA, Cristina Dotta. Informática documentária: estado da arte. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, Escola de Comunicações e Artes.
- PRADO, Darci; YAMAGUCHI, Magno. Usando o Arena em simulação. Falconi Editora, 2014.
- PRADO, D. Teoria das Filas e da Simulação – Série Pesquisa Operacional, vol. 2. Minas Gerais: Falconi Consultores de Resultado, 2014.
- SHANNON, E. R. Introduction to simulation. Proceedings of Winter Simulation Conference, 1992.
- SILVA, L. M. F., PINTO, M. G., SUBRAMANIAN, A. Utilizando o software Arena como ferramenta de apoio ao ensino em Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, 2007.
- SOUZA, Kamilla Rayane Brito et al. SIMULAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA PADARIA COM AUXÍLIO DO SOFTWARE ARENA. 2019.
- STAMM, Harro. Simulação industrial: uma avaliação de sua utilização no sudeste e sul do Brasil. Dissertação de mestrado em engenharia de produção. UFSC, Florianópolis, SC, 1998.

ANEXO 1

DECLARAÇÃO REVISÃO LÍNGUA PORTUGUESA

Eu, THAYNARA FERNANDA DOS SANTOS LEITE, Pedagoga, declaro, para os devidos fins e efeitos, e para fazer prova junto à Coordenação do curso de Engenharia Mecânica da **Universidade Cesumar – UNICESUMAR**, que realizei a correção gramatical do Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Modelagem e simulação do processo produtivo: Indústria Metal mecânica.

De autoria de JEAN MAICON CAETANO LEITE.

Por ser verdade, firmo a presente declaração.

Maringá, 25 de novembro de 2024.



Documento assinado digitalmente
THAYNARA FERNANDA DOS SANTOS LEITE
Data: 01/12/2024 00:07:12-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome e/ou assinatura

ANEXO 4 -

Termo de Depósito Tardio no REPOSITÓRIO DIGITAL UNICESUMAR (RDU)

(para TCCs enviados para periódicos científicos)

Eu, JEAN MAICON CAEDTANO LEITE, sob o R.A. 20070046-2, na qualidade de titular dos direitos morais e patrimoniais de autor da OBRA intitulado SIMULAÇÃO E MODELAGEM PROCESSO PRODUTIVO: INDÚSTRIA METAL MECÂNICA, apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso – TCC ao curso Engenharia Mecânica na Universidade Cesumar – UNICESUMAR em 29/11/2024.

Declaro que esse exemplar, depositado em sua forma digital, corresponde à versão final do TCC aprovado.

Autorizo a Universidade Cesumar - UNICESUMAR a inserir no Repositório Digital UniCesumar (RDU), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei no 9.610/98, o texto completo da obra citada, observando o item 3, parágrafo único do documento de Instruções Normativas para o Encaminhamento do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), a contar da data de inserção na AEP TCC na plataforma *Studeo*, para fins de leitura, impressão e/ou download, visando a divulgação da produção científica brasileira.

Maringá, 29 de novembro 2024.



Documento assinado digitalmente
JEAN MAICON CAETANO LEITE
Data: 01/12/2024 00:07:42-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Nome e/ou assinatura do autor (a)