



Campus São Mateus  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO



## MODELAGEM E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE UMA EMPRESA DO SEGMENTO DE CONFECÇÃO LOCALIZADA EM TELÊMACO BORBA-PR

*MODELING AND COMPUTATIONAL SIMULATION IN A PRODUCTION LINE OF A COMPANY IN THE CLOTHING SEGMENT LOCATED IN TELÊMACO BORBA-PR*

*MODELADO Y SIMULACIÓN COMPUTACIONAL EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE UNA EMPRESA DEL SEGMENTO DE CONFECCIONES UBICADA EN TELÊMACO BORBA-PR*

Vitor Gabriel Santos Sousa <sup>1</sup>, Gustavo Szmoski Barreto <sup>2</sup>, & Vitor Hugo dos Santos Filho <sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Centro Universitário UNIFATEB, Telêmaco Borba - PR

<sup>1</sup> [gabrielvitor845@gmail.com](mailto:gabrielvitor845@gmail.com) <sup>2</sup> [gustavoszmoski@gmail.com](mailto:gustavoszmoski@gmail.com) <sup>3</sup> [vitorhugosantosfilho@hotmail.com](mailto:vitorhugosantosfilho@hotmail.com)

### ARTIGO INFO.

Recebido: 15.02.2024

Aprovado: 06.03.2024

Disponibilizado: 13.03.2024

**PALAVRAS-CHAVE:** Modelagem; Simulação; FlexSim®; Indústria Têxtil; Capacidade produtiva; Lead time.

**KEYWORDS:** Modeling; Simulation; FlexSim®; Textile industry; Production capacity; Lead time.

**PALABRAS CLAVE:** Modelización; Simulación; FlexSim®; Industria textil; Capacidad de producción; Plazo de entrega.

\*Autor Correspondente: Santos Filho, V. H. dos.

### RESUMO

O objetivo deste estudo é modelar e simular uma linha de produção de uma empresa de confecção localizada na cidade de Telêmaco Borba – PR, visando propor melhorias para a capacidade produtiva. O método de pesquisa passa pelas etapas de concepção, com a criação do modelo conceitual, etapa de implementação, com a criação de cenários e etapa de análise. O cenário 1 propôs a remoção da distribuição e do retorno a empresa e contratação de um colaborador, o cenário 2 a remoção da distribuição e retorno a empresa e contratação de dois operadores podendo operar as três máquinas ao mesmo tempo, o terceiro e último cenário também propôs a remoção dos processos de distribuição e retorno a empresa além da contratação de 3 funcionários, podendo assim, operar as três máquinas simultaneamente e adicionar uma máquina ao processo de costura e acabamento. Com a análise dos dados obtidos das simulações, concluiu-se que o melhor cenário para a empresa é o cenário 3, pois, apresentou 8,67% de aumento para a capacidade produtiva.

### ABSTRACT

The overarching goal is to model and simulate a production line of a clothing company located in Telêmaco Borba – PR, with the aim of proposing enhancements to production capacity. The research method encompasses conception stages, involving the creation of a conceptual model,

implementation stages, encompassing scenario creation, and analysis stages. Scenario 1 proposed the removal of distribution and return to the company, along with the hiring of one employee. Scenario 2 suggested eliminating distribution and return processes and employing two operators who could operate all three machines simultaneously. The third and final scenario also involved eliminating distribution and return processes and hiring three employees, allowing for the simultaneous operation of the three machines and the addition of a machine to the sewing and finishing process. Through the analysis of data obtained from simulations, it was concluded that the optimal scenario for the company is scenario 3, as it demonstrated an 8.67% increase in production capacity.

### RESUMEN

El objetivo general es modelar y simular una línea de producción de una empresa de confección ubicada en la ciudad de Telêmaco Borba, en el estado de Paraná, Brasil, con el propósito de proponer mejoras en la capacidad productiva. El método de investigación atraviesa diferentes etapas: la fase de concepción, que implica la creación del modelo conceptual; la fase de implementación, que conlleva la generación de escenarios; y la fase de análisis. El primer escenario propone eliminar la distribución y el retorno a la empresa, además de contratar a un colaborador. El segundo escenario plantea la eliminación de la distribución y el retorno a la empresa, junto con la contratación de dos operadores que pueden operar las tres máquinas simultáneamente. El tercer y último escenario también sugiere eliminar los procesos de distribución y retorno a la empresa, y a la vez contratar a tres empleados, permitiendo así la operación simultánea de las tres máquinas y la adición de una máquina al proceso de costura y acabado. Tras analizar los datos obtenidos de las simulaciones, se concluye que el mejor escenario para la empresa es el tercero, ya que presenta un aumento del 8,67% en la capacidad productiva.

## INTRODUÇÃO

A indústria brasileira é uma das maiores no setor têxtil e de vestuário, sendo a quinta maior no mundo em têxteis e a quarta maior em vestuário. O mercado têxtil brasileiro faturou US\$ 50,3 bilhões em 2018, sendo também um dos principais empregadores no setor de transformação (Cavalcanti & Santos, 2020). Uma técnica de melhoria de processos é a modelagem, realizada por *softwares* para replicar cenários em ambiente virtual e simulação, que permite modelar diferentes cenários (Mesquita et al., 2018). A modelagem e simulação representam uma versão simplificada do cenário real, ajudando a entender a relação entre recursos e otimizar sistemas (Santos, 2016).

A empresa escolhida para realização deste estudo, atua no setor de confecção especialmente de confecção de roupas para venda a outras empresas e localiza-se na cidade de Telêmaco Borba – PR. Os gestores de empresas são submetidos diariamente a situações em que sua tomada de decisão é imprescindível, e por diversas vezes, encontram dificuldades por não contarem com ferramentas que auxiliem nas suas escolhas. A simulação, portanto, é uma metodologia de apoio às decisões e é cada vez mais segura e procurada pelas empresas, pois, modela diversos cenários futuros e possibilita analisar resultados, a fim de, otimizar os processos (Cruz et al., 2019).

O objetivo deste estudo é modelar e simular a linha de produção de uma empresa de confecção. As etapas incluem mapear o fluxo atual das atividades, criar um modelo conceitual no *software* DIA, tratar os dados no *LibreOffice Calc*, desenvolver um modelo de simulação no *software FlexSim® 0*, criar cenários para melhorias na capacidade produtiva e determinar o melhor cenário em relação à capacidade produtiva e ao *Lead Time*, além de propor um plano de Ação (5W2H) para auxiliar na implantação do melhor cenário produtivo.

O estudo justifica quando segundo Almeida (2022) empresas que utilizam da simulação computacional, conseguem estimar o desempenho do seu sistema de produção têxtil de confecção e comparar o sistema atual com uma nova e melhor versão desse sistema. A modelagem e simulação fará com que a empresa compreenda as variáveis, principalmente as relacionadas com a capacidade produtiva, e a partir dos valores obtidos definir qual dos possíveis cenários de melhoria é o melhor para o futuro da empresa.

Como contribuição acadêmica, este estudo evolui o tema da aplicação das ferramentas de modelagem e de simulação ao aplicar em uma empresa de pequeno porte, o estudo poderá servir de base ou de apoio para trabalhos futuros desse tema. Como contribuição industrial, os resultados mostraram a grande necessidade de empresas adquirirem novas máquinas, modernizarem sua tecnologia. Como contribuição social a empresa poderá realizar a contratação de diversos colaboradores para diversas funções diferentes levando em consideração o atual potencial ocioso das máquinas.

Para a criação da modelagem conceitual foi utilizada a ferramenta IDEF-SIM. O *software* DIA foi utilizado no mapeamento do processo na etapa de construção do modelo conceitual por tratar-se de uma alternativa gratuita para desenho de diagramas. Para a simulação foi utilizado o *FlexSim*<sup>®</sup> que é um *software* robusto que apresenta diversos recursos de simulação, sendo considerado uma alternativa de fácil aprendizado por conta da interface intuitiva que facilita a utilização.

## **METODOLOGIA**

Este estudo foi classificado como de natureza aplicada, pois, visa mapear e coletar dados de uma indústria têxtil além de estruturar um modelo de simulação deste processo produtivo para criação de cenários e realização de propostas de melhorias futuras.

Quanto aos objetivos, foi classificado como descritivo, pois em seus objetivos busca descrever como o processo de confecção se comporta. Trata-se também de um estudo explicativo, pois busca identificar e entender os fenômenos para explicar, por fim, como esses fatores têm influenciado na produção da confecção.

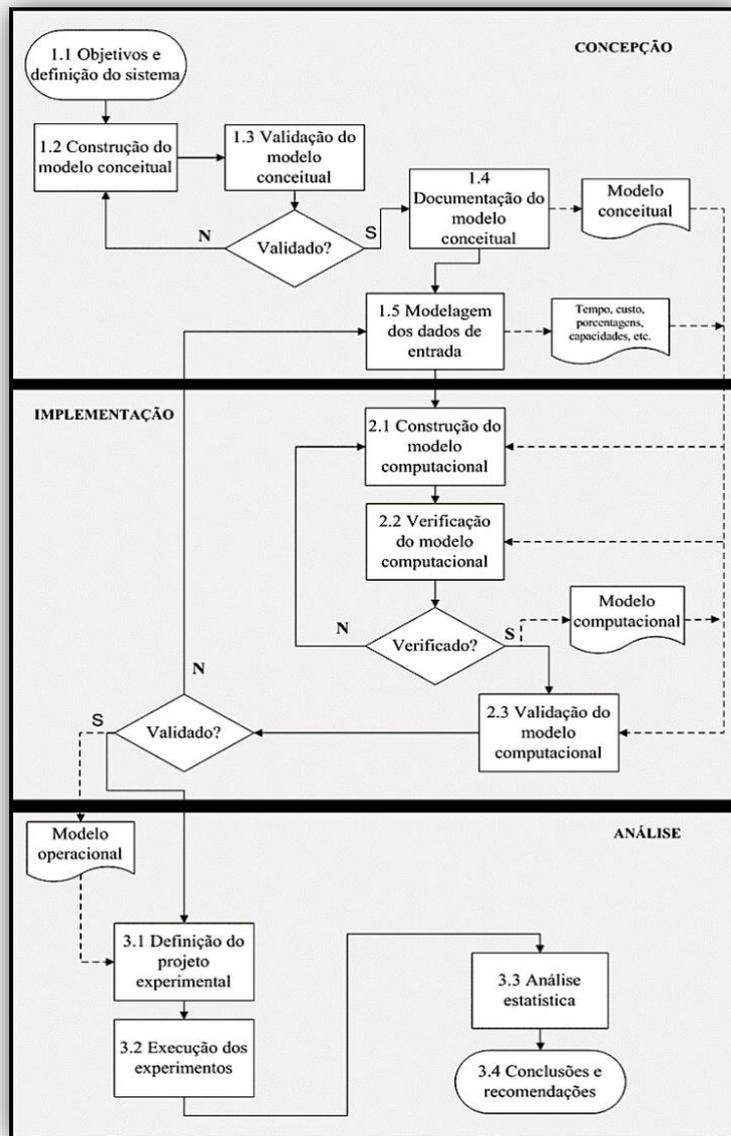
A abordagem utilizada nesta pesquisa é a pesquisa quantitativa pois, segundo Marconi e Lakatos (2003), a pesquisa quantitativa baseia-se em coletar e expressar os dados de forma numérica, nesse caso, o tempo de produção e a quantidade produzida pela empresa no tempo disponível. Para a coleta de dados foram feitas entrevistas e realizadas observações. A entrevista, de acordo com Moreira (2007), trata-se de uma conversa com o objetivo definido, geralmente de obter dados em forma de opinião, fatos e valores numéricos.

A modelagem e a simulação foram escolhidas, pois, proporcionam uma visualização de um cenário onde uma ou mais variáveis são alteradas sem que seja necessária alteração diretamente no processo. Para tanto, utilizou-me como procedimentos metodológicos o modelo de Montevechi et al. (2007), conforme descrito nas etapas a seguir.

## **ETAPAS DA SIMULAÇÃO**

A pesquisa foi desenvolvida conforme as etapas apresentadas na Figura 1. Apresenta-se as três fases de implantação, e suas respectivas etapas de um projeto de simulação, sendo elas: Fase de concepção, fase de implementação e fase de análise.

Figura 1. Fases de um Projeto de Simulação.



Fonte: Montevechi et al., (2007).

Durante a fase de Concepção, os primeiros passos foram marcados pela definição clara do objetivo do projeto, apoiada por um referencial estruturado, permitindo a delimitação dos objetivos específicos da simulação. A construção do modelo conceitual ocorreu a partir da utilização das ferramentas *IDEF-SIM* e do *software DIA*, onde a sequência lógica das atividades foi cuidadosamente representada. Esse processo envolveu não apenas descrever detalhadamente cada etapa do procedimento, mas também mapear com precisão o fluxo atual das atividades. A validação do modelo conceitual foi uma etapa crucial, pois verificou-se a representação virtual se assemelha com a realidade operacional, contando com a comparação direta entre o modelo e o processo atual. A documentação detalhada é importante para preservar o modelo conceitual, garantindo fácil acesso, revisão e segurança contra perdas de informações. A última etapa desta fase concentrou-se na modelagem dos dados de entrada, tratando-os por meio do *LibreOffice Calc*, compreendendo datas, horários e capacidades de produção tanto da empresa estudada como da terceirizada.

A Fase de Implementação dá continuidade ao projeto, aonde o foco é voltado para a criação, verificação e validação do modelo computacional. O *software FlexSim*<sup>®</sup> foi a ferramenta central para construir o modelo, espelhando o modelo conceitual. Elementos essenciais do processo, como entrada, fila, máquina e saída, são criados nesse ambiente virtual, ao passo que o tempo de simulação é fixado. A verificação minuciosa é vital para identificar e corrigir erros lógicos e de programação, sendo conduzidos testes e análises em conjunto com especialistas da área. A validação, por sua vez, compara o modelo computacional com a realidade, buscando aproximar-se o máximo possível de um sistema real. Executou-se diversos experimentos sob diferentes cenários, coletando dados específicos que irão embasar análises posteriores.

Na fase subsequente de Análise, a atenção voltou-se para a definição do projeto experimental, onde as condições para os experimentos foram estabelecidas. Três propostas de cenários foram formuladas visando melhorias no processo da empresa. Os cenários envolveram variações como a remoção de processos de distribuição e retorno, a adição de contratações e o ajuste das operações simultâneas. A execução dos experimentos foi o passo seguinte, envolvendo a simulação dos cenários e a coleta dos dados resultantes para análises detalhadas. A análise estatística foi crucial para entender as relações entre variáveis e como cada fator impacta positiva ou negativamente os processos em diferentes cenários. Com base nas análises, foram delineadas conclusões e recomendações que auxiliam na tomada de decisões. O destaque é dado à importância da modelagem e simulação como ferramentas de suporte à tomada de decisões informadas e embasadas em dados reais. O processo culminou na escolha do melhor cenário, levando em consideração a visão da empresa sobre contratações e a disponibilidade de máquinas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A empresa em foco opera na indústria de confecção, especialmente na produção de roupas. Situada na cidade de Telêmaco Borba, no Paraná, a empresa se destaca por sua tradição de 35 anos, bem como sua capacidade de diversificar sua produção, incluindo Equipamentos de Proteção Individual (EPI), atendendo a setores industriais, hospitalares, farmacêuticos e educacionais. A trajetória da empresa evoluiu ao longo do tempo, inicialmente mantendo uma linha de produção centralizada, mas progressivamente reduzindo sua força de trabalho e terceirizando o processo de costura e acabamento.

A escolha dessa empresa foi baseada em sua importância no mercado local e regional, além da abertura e receptividade para compartilhar dados do processo. Atualmente, a empresa conta com dois funcionários, sendo um supervisor responsável pela administração, controle de qualidade e embalagem, e outro operador dedicado ao preparo e corte. A terceirizada responsável pelo processo de costura e acabamento emprega um único funcionário.

Na fase de Concepção, o trabalho concentrou em estabelecer objetivos e definir o sistema a ser modelado e simulado. Os objetivos incluíram a medição do *Lead Time* do processo, identificação de oportunidades de melhoria para o *Lead Time*, medição da capacidade produtiva e identificação de oportunidades para melhorar a capacidade produtiva. Esses objetivos não apenas guiam o estudo, mas também fornecem informações essenciais para a análise e propostas de melhorias no processo.

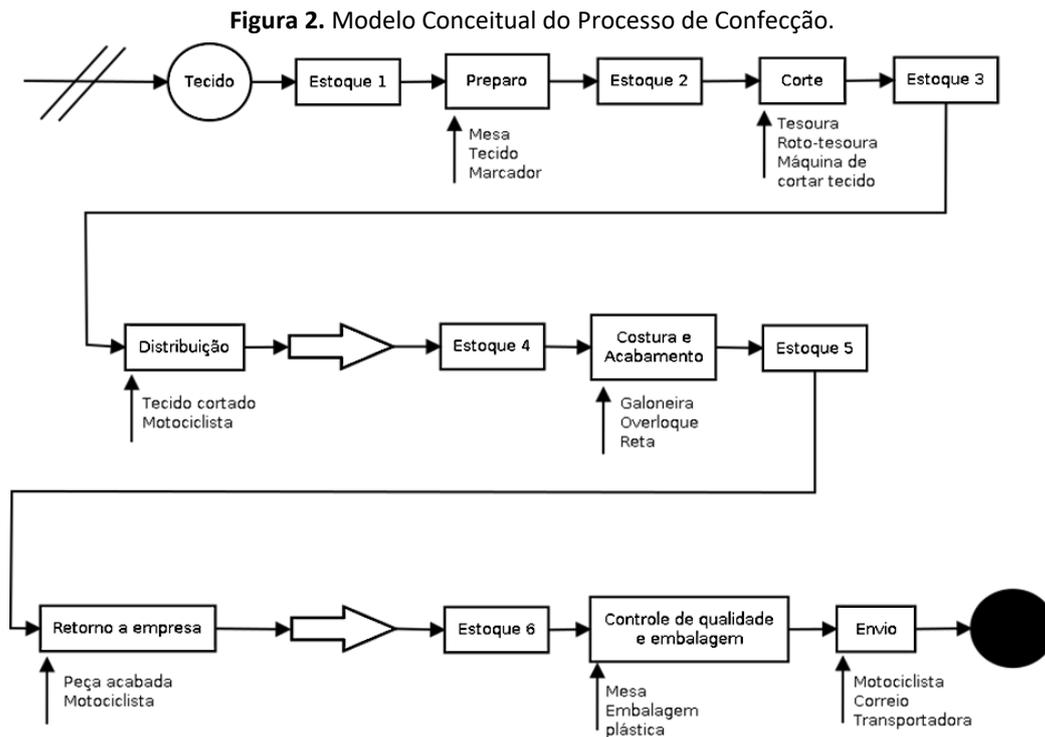
Na fase de Concepção, houve também a construção do modelo conceitual. Este processo envolveu uma compreensão profunda das ações e características do processo, que permitiu uma coleta de dados mais precisa, fundamental para a qualidade da simulação. O processo de produção na empresa começa com o recebimento do tecido, que é estocado até que os operadores estejam prontos para processá-lo. Seguem para etapas de preparo da matéria-prima, como o enfesto e corte do tecido. As operações de corte podem ser impactadas pela qualidade das máquinas, afetando o tempo de produção.

O processo de produção desenrola com as peças de tecido já preparadas e cortadas, iniciando a etapa de distribuição. Essa fase envolve o transporte dos tecidos para uma empresa terceirizada especializada no processo de costura e acabamento, uma etapa intermediária do ciclo produtivo. Após a chegada dos lotes de tecido cortado à empresa terceirizada, o processo de costura e acabamento é iniciado, utilizando diferentes tipos de máquinas como a galoneira, overloque e máquina reta, cada uma aplicada para aperfeiçoar diferentes tipos de peças. O acabamento também abrange a remoção de fios soltos, melhorando a estética e a usabilidade das roupas.

Uma vez que as peças passam pelo processo de costura e acabamento, elas são transportadas de volta à empresa principal. Este processo de retorno guarda semelhanças com a distribuição inicial, muitas vezes empregando os mesmos meios de transporte. Ao chegar à empresa, as peças passam por uma verificação individual para controle de qualidade, podendo ser revisadas pela supervisora com base nas especificações do cliente. Simultaneamente, a etapa de embalagem é executada, envolvendo a emissão e impressão de notas fiscais, boletos e outros trâmites administrativos. Toda a documentação essencial é anexada ao lote de produtos.

A fase final deste processo é o envio das peças, que abrangem a preparação e entrega do lote ao responsável pela distribuição. Essa entrega pode ocorrer de diversas maneiras, seja com o próprio cliente retirando no estabelecimento, com a atuação de uma transportadora, ou ainda por meio dos serviços postais, como os Correios. Essas etapas interligadas e cuidadosamente coordenadas compõem o ciclo de produção da empresa de confecção, da preparação dos tecidos à entrega final dos produtos.

Foram realizadas diversas reuniões com a empresa, a fim de coletar dados sobre a lógica do processo de confecção para auxiliar na construção do modelo conceitual. Para criação do modelo conceitual do processo foi utilizado o *software DIA*. O processo foi representado de acordo com a técnica de modelagem conceitual IDEF-SIM, conforme apresentado na Figura 2.



Conforme com a Figura 2, o processo inicia com a entrada da entidade “tecido” que é armazenado no estoque 1 antes de passar pelo preparo e depois pelo corte. O tecido já cortado é então transportado com o processo de distribuição e chega ao processo de costura e acabamento. Com a peça finalizada há o retorno dessa peça a empresa para que seja realizado o controle de qualidade e embalagem e o posterior envio.

### Validação do Modelo Conceitual:

A validação do modelo conceitual foi realizada seguindo a abordagem de validação face a face, conforme Chwif e Medina (2015). O analista, responsável pela criação do modelo, interagiu com um especialista no assunto – a supervisora da empresa. Esse processo de validação se estendeu tanto para o modelo conceitual quanto para o modelo computacional, incluindo os dados resultantes da simulação. A validação foi conduzida em duas etapas. Primeiramente, o modelo foi enviado à supervisora via rede social e *e-mail* para análise. Após uma visita à empresa, houve uma reunião para alinhar os detalhes do estudo, e o modelo conceitual foi então aprovado.

### Documentação do Modelo Conceitual:

Após a validação do modelo, a documentação seguiu o formato digital, de acordo com a preferência da empresa por reduzir o uso de papel e adotar meios digitais. O modelo conceitual foi compartilhado com a supervisora em um dispositivo móvel profissional e também armazenado em um serviço de armazenamento em nuvem. O acesso ao modelo foi disponibilizado tanto para a supervisora quanto para o proprietário da empresa, possibilitando que ambos acompanhassem o progresso do trabalho.

### Modelagem dos Dados de Entrada:

Na etapa de modelagem dos dados de entrada, concluindo a fase de concepção, ocorreu a coleta, tabulação e tratamento dos dados. A coleta foi realizada durante o expediente da empresa, abrangendo um mês com 22 dias de trabalho, das 08h00 às 17h00, com uma hora de intervalo e almoço. As empresas em questão, tanto a principal quanto a terceirizada, têm horários de pausa variados e processos que não ocorrem simultaneamente. Para um mês de 30 dias, considerando 22 dias úteis e 8 horas por dia, o tempo disponível totalizou 176 horas ou 10560 minutos. O processo envolveu a criação de planilhas para cada fase do processo, registrando a data da medição, horários de início e término da atividade e a quantidade produzida. Os dados coletados foram tabulados e tratados no *software LibreOffice Calc*. (Tabela 1).

**Tabela 1.** Dados obtidos do Processo de Preparo.

PREPARO				
N°	DATA	CAPACIDADE	HORÁRIO INÍCIO	HORÁRIO FIM
1	09/09/22	9	08:00:00	08:12:00
2	09/09/22	12	08:14:00	08:32:00
3	09/09/22	10	08:33:00	08:47:00
4	09/09/22	9	08:47:00	09:00:00
5	09/09/22	9	09:01:00	09:17:00
6	09/09/22	11	09:18:00	09:35:00
7	09/09/22	13	09:36:00	09:54:00
8	09/09/22	9	09:55:00	10:08:00
9	09/09/22	14	10:08:00	10:26:00
10	09/09/22	13	10:26:00	10:49:00

Fonte: Autores (2023).

A Tabela 1 mostra os dados coletados sendo que a capacidade medida variou de 9 a 14 unidades e a medição de maior duração teve vinte e três minutos. Os processos estudados ocorrem de forma independente entre si, pois em determinados dias realizam-se, por exemplo, atividades de preparo e corte dividindo a disponibilidade do colaborador, porém, em outros dias, pode ocorrer somente uma dessas etapas durante todo o tempo disponível para produção.

Para sintetizar os dados obtidos das medições de cada processo da empresa foi criada uma Tabela com os valores de média e desvio padrão do tempo por peça produzida para cada processo estudado. Com a obtenção dos dados da média e do desvio padrão foi possível definir o valor da normal (N) – que foi inserida na simulação, sendo que N é a normal, o primeiro valor de tempo é a média do processo e o segundo valor é o desvio padrão. A Tabela 2 mostra os dados de média, desvio padrão e o valor da Normal.

**Tabela 2.** Resumo dos Resultados dos Dados Obtidos.

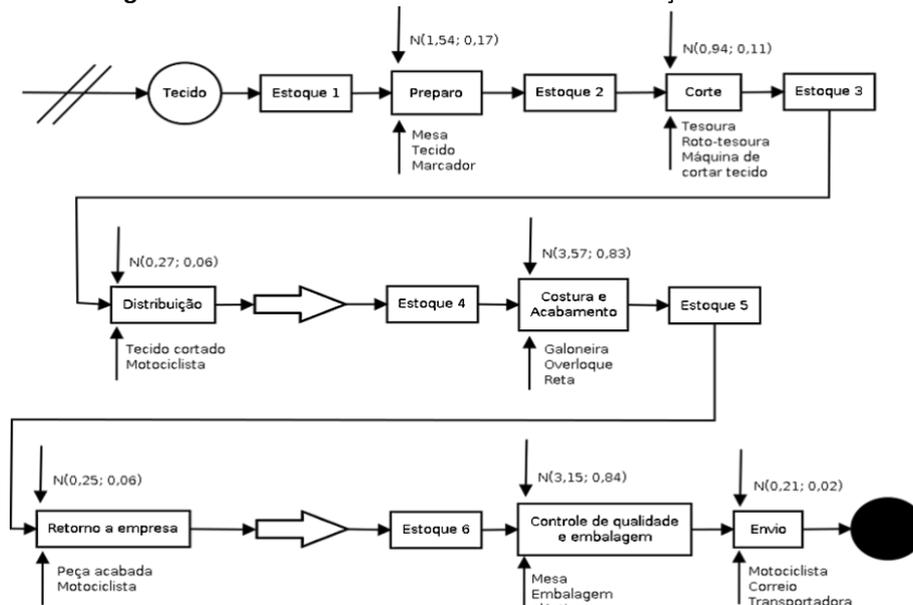
PROCESSO	UNIDADES	TEMPO (m)	MÉDIA	DESVIO	N (Normal)
1 Preparo	314	481	1,54	0,17	N(1,54, 0,17)
2 Corte	485	458	0,94	0,11	N(0,94, 0,11)
3 Distribuição	2690	720	0,27	0,06	N(0,27, 0,06)
4 Costura e acabamento	138	491	3,57	0,83	N(3,57, 0,83)
5 Retorno a empresa	2660	661	0,25	0,06	N(0,25, 0,06)
6 Controle de qualidade e embalagem	114	364	3,15	0,84	N(3,15, 0,84)
7 Envio	3910	839	0,21	0,02	N(0,21, 0,02)

Fonte: Autores (2023).

Conforme os dados da Tabela 2, percebe-se que o processo mais lento é o processo de costura e acabamento que leva, em média, 3,57 minutos para produzir uma peça. O processo mais rápido em média foi o de envio, que consiste basicamente no envio do produto acabado, que tem capacidade de processar uma peça em 0,21 minuto. O maior desvio padrão foi no processo de controle de qualidade e embalagem que apresentou um valor de 0,84 e o menor foi do processo de envio com um desvio padrão de 0,02.

A Figura 2 mostra o modelo conceitual do processo atualizado, com os valores das normais adicionados aos processos de preparo, corte, distribuição, costura e acabamento, retorno a empresa, controle de qualidade e embalagem e envio.

Figura 2. Modelo Conceitual do Processo de Confeção atualizado.



Fonte: Autores (2023).

### Fase de Implementação:

#### Construção do Modelo Computacional:

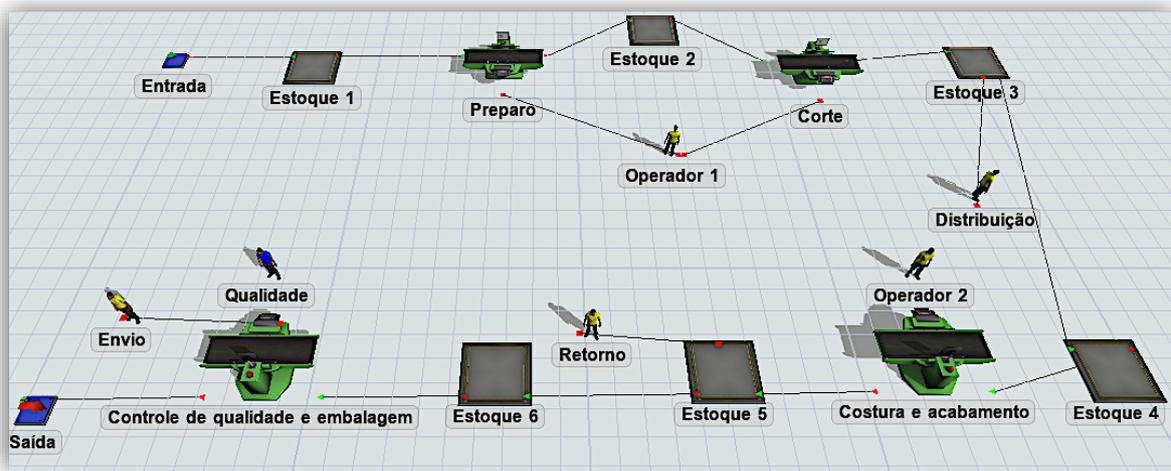
A Fase de Implementação é composta por três etapas, a primeira é a construção do modelo computacional. Nesse estágio, o *software FlexSim*<sup>®</sup> foi utilizado para a criação dos elementos essenciais do modelo, que consistem em:

- Entrada (*Source*): gera itens para a primeira unidade de estoque (fila) sempre que esta estiver vazia, indicando que os itens estocados foram processados;
- Itens (*Flowitens*): representa o tecido utilizado pela empresa, perfazendo os diversos processos;
- Fila (*Queue*): atua como um estoque intermédio entre os processos, armazenando produtos até que o próximo processo esteja pronto para recebê-los;
- Máquina (*Processor*): cada etapa produtiva (preparo, corte, costura e acabamento, controle de qualidade e embalagem) é modelada como uma máquina separada;
- Saída (*Sink*): posicionada de acordo com o fluxo apresentado no modelo conceitual, representando a etapa de envio;
- Operador (*Operator*): modela os operadores responsáveis pelas máquinas e pelas etapas de transporte, como distribuição, retorno à empresa e envio.

### Verificação do Modelo Computacional:

Na etapa de verificação do modelo computacional, foi agendada uma reunião com a supervisora da empresa. Durante essa reunião, o modelo foi apresentado e cada elemento inserido na simulação foi explicado. Além disso, o modelo foi executado para demonstração. Após essa avaliação e discussão, a supervisora aprovou o modelo computacional, uma vez que seu funcionamento foi conforme o esperado. O modelo representou adequadamente o fluxo de produção da empresa, confirmando sua fidelidade ao processo real. Sendo assim, o modelo estava pronto para ser modificado e receber os cenários propostos, após a validação na terceira etapa dessa fase (Figura 3).

Figura 3. Modelo Computacional do Cenário Atual da Empresa.



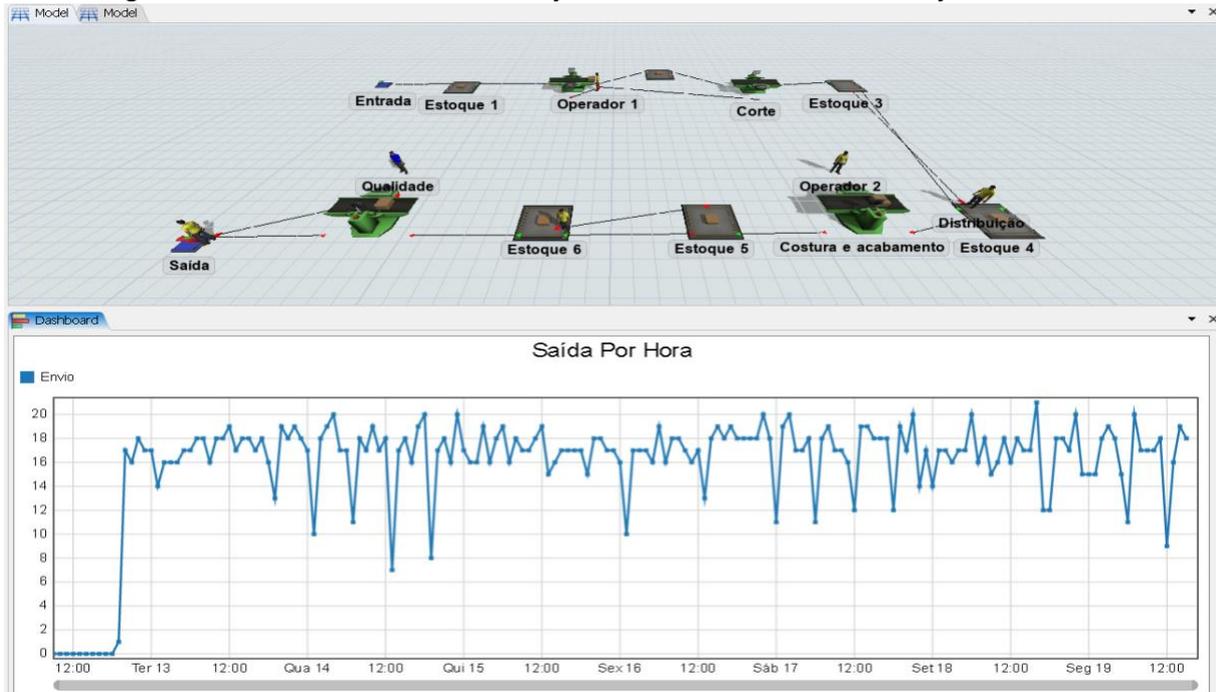
Fonte: Autores (2023).

O modelo computacional do cenário atual, apresentado na Figura 3, mostra os elementos adicionados no *FlexSim*<sup>®</sup> e a conexão entre esses elementos. Os elementos adicionados foram as filas, as máquinas, os operadores a entrada e a saída. Para simbolizar um operador utilizando uma máquina foi feito de duas formas, colocando o operador próximo e conectando-o a máquina e outra foi colocando o operador entre as máquinas e realizando a conexão visual. Cada operador foi identificado com a função que executa no processo. Com a verificação do modelo computacional foi possível passar para a etapa de validação que foi baseada em experimentações do modelo computacional do modelo do cenário atual em diversas rodadas para coleta de dados.

### Validação do Modelo Computacional:

Foi conduzida uma série de 10 simulações para assegurar a correspondência dos resultados com as edições feitas. O tempo de simulação definido foi de 10560 minutos, abrangendo o tempo total disponível para produção. Essa validação teve por base a comparação entre a quantidade de itens enviados durante a simulação e a quantidade de itens efetivamente enviados em um mês de trabalho real. Essa avaliação foi focalizada na etapa de envio, que reflete a conclusão do processo. Como ponto de referência, foi tomado o número total de peças enviadas durante o mês de setembro para a comparação. Esse método permitiu garantir a precisão do modelo, visto que os resultados simulados estiveram em consonância com os valores reais observados no ambiente de produção (Figura 4).

**Figura 4.** Valores de saída de uma simulação do cenário atual realizada no *software FlexSim*®.



Fonte: Autores (2023).

Analisando a Figura 4 foi possível perceber que o processo atualmente apresenta grande variação nas saídas realizadas a cada hora podendo variar de cerca de 7 unidades enviadas até cerca de 21 unidades. A Tabela 3 mostra os dados obtidos com as 10 rodadas de simulação comparando esses dados com a capacidade real e o cálculo do tempo médio.

**Tabela 3.** Comparação dos Dados Simulados com os Dados Reais.

SIMULAÇÃO	CAPACIDADE REAL	CAPACIDADE SIMULADA	TEMPO MÉDIO (m)
1	2770	2791	3,784
2	2770	2782	3,796
3	2770	2789	3,786
4	2770	2777	3,803
5	2770	2786	3,790
6	2770	2794	3,780
7	2770	2790	3,785
8	2770	2779	3,800
9	2770	2791	3,784
10	2770	2783	3,794
<b>Média</b>	<b>2770</b>	<b>2786,2</b>	<b>3,790</b>

Fonte: Autores (2023).

A Tabela 3 mostrou que, mesmo que os dados obtidos da simulação não sejam idênticos aos dados reais, a diferença entre eles foi pequena. Nas simulações realizadas para validação do modelo foram utilizados os tempos médios de cada processo e do desvio padrão o que justifica a diferença entre os dados reais e simulados.

### **Fase de Validação do Modelo Computacional:**

Após realizar 10 simulações para validar o modelo computacional, ficou evidente que, apesar de pequenas diferenças entre os dados obtidos da simulação e os dados reais, a diferença foi insignificante. Essa diferença pode ser justificada pela utilização dos tempos médios de cada processo e dos desvios padrão nas simulações de validação, o que resultou em divergências

entre os dados simulados e reais. No entanto, a variação foi considerada baixa, validando então o modelo! Uma reunião adicional foi conduzida para apresentar a simulação validada à empresa, resultando na aprovação da representante da empresa, que observou mínimas diferenças entre os resultados simulados e os valores reais.

### Fase de Análise:

Após a validação do modelo computacional, a terceira fase do projeto de simulação foi iniciada, focando na proposição de cenários diferentes para aprimorar o *Lead Time* e a capacidade produtiva do processo estudado. Três novos cenários foram propostos para obter dados relevantes sobre o processo e oferecer cenários fundamentados com base no desempenho de cada cenário. A consideração da empresa sobre a contratação foi levada em conta na criação dos cenários, resultando em abordagens graduais de contratação. Além disso, a disponibilidade do maquinário existente na empresa foi considerada, optando-se por não adquirir novos equipamentos, mas aproveitar os recursos disponíveis.

O primeiro cenário propôs a eliminação dos processos de distribuição e retorno à empresa, concentrando a costura e o acabamento internamente. Essa proposta visou reduzir o *Lead Time* e utilizar o maquinário disponível para essas etapas. Foi sugerida a contratação de um colaborador adicional, totalizando dois operadores, sendo um alocado exclusivamente para o processo de costura e acabamento, que é mais demorado. O segundo cenário expandiu essa ideia, mantendo os processos internos e adicionando uma contratação, mas com duas novas contratações para otimizar o uso do maquinário. Já o terceiro cenário, baseado no primeiro, propôs a contratação de três operadores adicionais, totalizando quatro operadores para operar as etapas simultaneamente e reduzir ainda mais o *Lead Time*. Esses cenários buscaram aproveitar o tempo ocioso das máquinas e melhorar a capacidade produtiva.

### Execução dos Experimentos

Os cenários propostos foram criados no *software FlexSim*<sup>®</sup>, mantendo as configurações e alterando somente os pontos necessários. A Figura 5 mostra o modelo computacional do cenário 1, bem como seus valores de saídas.

Figura 5. Modelo Computacional do Cenário 1 e Valores de Saída.



Fonte: Autores (2023).

O cenário 1, apresentado na Figura 5, foi criado baseado no cenário atual do processo. Foram removidos dois elementos de estoque e os elementos que simbolizavam a movimentação isso para simular um processo sem a distribuição e sem o retorno a empresa. Percebe-se que a variação dos valores de saída foi reduzida, porém o valor máximo de saída também reduziu. Nas saídas, o valor mínimo foi 15 unidades e o máximo 19 unidades. A Tabela 4 mostra os valores extraídos das simulações do cenário 1.

**Tabela 4.** Valores Extraídos da Simulação do Cenário 1.

CENÁRIO 1		
SIMULAÇÃO	CAPACIDADE	LEAD TIME
1	2865	3,69
2	2879	3,67
3	2877	3,67
4	2878	3,67
5	2881	3,67
6	2889	3,66
7	2879	3,67
8	2863	3,69
9	2889	3,66
10	2867	3,68
<b>Média</b>	<b>2876,70</b>	<b>3,67</b>

Fonte: Autores (2023).

De acordo com a Tabela 4, o maior valor apresentado foi 2889 unidades e o menor valor medido foi 2863 unidades. A média das medições deste cenário foi de 2876,7 unidades. Enquanto, o *Lead Time* foi de 3,67 minutos sendo que o menor valor apresentado de 3,66 minutos.

Também foram realizadas análises a partir do cenário 2, em que baseado no cenário atual (remoção de distribuição e retorno a empresa), adicionando um operador para cada uma das três máquinas iniciais. A Figura 6 apresenta o modelo computacional do cenário 2 bem como os valores de saída da simulação.

**Figura 6.** Modelo Computacional do Cenário 1 e Valores de Saída.



Fonte: Autores (2023).

Ao analisar a Figura 6, verifica-se que o valor mínimo de saída foi 15 unidades (exceto pelo primeiro valor medido maior que 0) e o máximo ficou em 20 unidades. A Tabela 5 mostra os valores extraídos das simulações do cenário 2.

Conforme apresentado na Tabela 5, a capacidade produtiva apresentou uma média de 2905,5 unidades sendo que o maior valor de capacidade obtido das simulações foi de 2931 unidades e o menor de 2892 unidades. O *Lead Time* apresentou média de 3,63 minutos sendo que o menor valor obtido foi de 3,6 minutos.

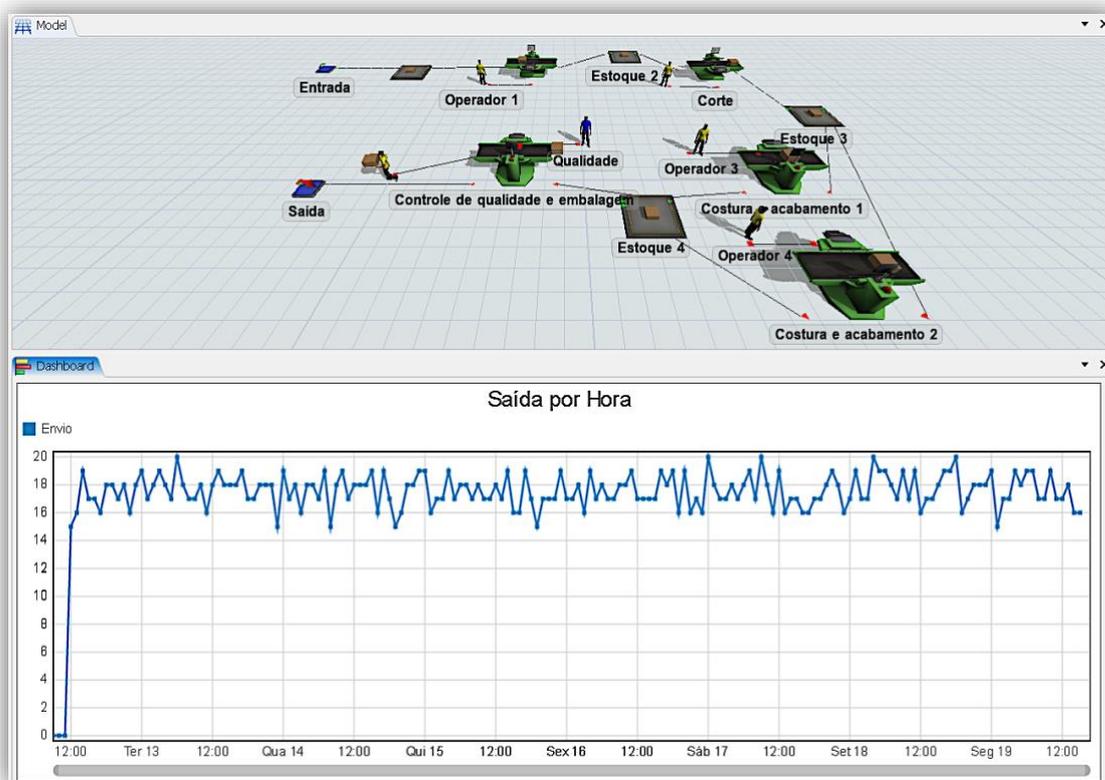
**Tabela 5.** Valores Extraídos da Simulação do Cenário 2.

CENÁRIO 2		
SIMULAÇÃO	CAPACIDADE	LEAD TIME
1	2911	3,63
2	2896	3,65
3	2898	3,64
4	2892	3,65
5	2901	3,64
6	2906	3,63
7	2931	3,6
8	2912	3,63
9	2901	3,64
10	2907	3,63
<b>Média</b>	<b>2905,50</b>	<b>3,63</b>

Fonte: Autores (2023).

Por fim, também foram simulados e testados o cenário 3, sendo que, a Figura 7 apresenta o modelo computacional do cenário 3 bem como os valores de saídas.

**Figura 7.** Modelo Computacional do Cenário 3 e Valores de Saída.



Fonte: Autores (2023).

De acordo com a Figura 7, o cenário 3 apresentou com a remoção da distribuição e retorno a empresa além da contratação de três operadores sendo um focado no preparo, um focado no corte e dois trabalhando em paralelo no processo de costura e acabamento. Os valores de saída do cenário 3, mostram que nesse cenário teve um valor mínimo de saída de 15 unidades e o máximo de saída foi 20 unidades. Nesse caso houve mais valores de saída elevados, por exemplo, saídas de 19 e de 20 unidades. A Tabela 6 mostra os valores extraídos da simulação do cenário 3.

**Tabela 6.** Valores Extraídos da Simulação do Cenário 3.

CENÁRIO 3		
SIMULAÇÃO	CAPACIDADE	LEAD TIME
1	3018	3,499
2	3021	3,496
3	3030	3,485
4	3023	3,493
5	3035	3,479
6	3027	3,489
7	3020	3,497
8	3028	3,487
9	3039	3,475
10	3038	3,476
<b>Média</b>	<b>3027,90</b>	<b>3,488</b>

Fonte: Autores (2023).

De acordo com a Tabela 6, a capacidade produtiva apresentada pelo cenário 3 foi de 3027,9 unidades variando de um mínimo de 3018 peças até um máximo de 3039. O *Lead Time* resultou em uma média de 3,488 minutos por peça produzida além de que o menor valor medido foi de 3,475 minutos por peça. Após o fim das rodadas de simulação dos cenários 1, 2 e 3, foi possível coletar os dados que embasaram a etapa da análise estatística.

### Análise Estatística

Para a etapa de análise estatística foram utilizados os dados medidos para validação do modelo atual e foram coletados os dados de dez simulações de cada cenário. Os dados da capacidade produtiva e *Lead Time* do processo além da média de cada valor pode ser visto na Tabela 7.

**Tabela 7.** Comparação Cenário Atual e Cenários Propostos.

RODADA	CENÁRIO ATUAL		CENÁRIO 1		CENÁRIO 2		CENÁRIO 3	
	CAPAC.	LEAD TIME	CAPAC.	LEAD TIME	CAPAC.	LEAD TIME	CAPAC.	LEAD TIME
1	2791	3,78	2865	3,69	2911	3,63	3018	3,499
2	2782	3,8	2879	3,67	2896	3,65	3021	3,496
3	2789	3,79	2877	3,67	2898	3,64	3030	3,485
4	2777	3,8	2878	3,67	2892	3,65	3023	3,493
5	2786	3,79	2881	3,67	2901	3,64	3035	3,479
6	2794	3,78	2889	3,66	2906	3,63	3027	3,489
7	2790	3,79	2879	3,67	2931	3,6	3020	3,497
8	2779	3,8	2863	3,69	2912	3,63	3028	3,487
9	2791	3,78	2889	3,66	2901	3,64	3039	3,475
10	2783	3,79	2867	3,68	2907	3,63	3038	3,476
<b>Média</b>	<b>2786,20</b>	<b>3,790</b>	<b>2876,70</b>	<b>3,67</b>	<b>2905,50</b>	<b>3,63</b>	<b>3027,90</b>	<b>3,488</b>

Fonte: Autores (2023).

Nos resultados da simulação do cenário atual, ficou evidente que a empresa possui a capacidade média de realizar cerca de 2.786 envios por mês. Comparando esse número com os 2.770 envios realizados no mês de setembro, fica claro que a empresa tem o potencial de atender uma demanda ainda maior. Além disso, o *Lead Time* médio registrado no cenário atual foi de 3,790 minutos.

### Recomendações

No cenário 1, ao considerar as alterações propostas, constata-se uma efetiva melhoria tanto na capacidade produtiva quanto no *Lead Time*. A capacidade média de produção aumentou para 2.876,7 unidades, com um valor máximo medido de 2.889 unidades. Simultaneamente, o *Lead Time* foi reduzido para uma média de 3,67 minutos.

Analisando o cenário 2, percebe-se a eficácia das propostas, com um aumento na capacidade produtiva para uma média de 2.905,5 unidades, e um valor máximo medido de 2.931 unidades. O *Lead Time*, por sua vez, diminuiu para uma média de 3,63 minutos.

Ao examinar o cenário 3, constatou-se uma melhoria notável na capacidade produtiva, que atingiu uma média de 3.027,9 unidades, a maior média dentre todos os cenários, e o menor *Lead Time* registrado, com uma média de 3,488 minutos. O valor máximo de produção medido foi de 3.039 unidades.

No cenário 1, ao realocar as atividades de costura e acabamento internamente e contratar um operador para essas tarefas, os resultados melhoraram. A capacidade produtiva média aumentou de 2.786,20 para 2.876,70 unidades, um acréscimo de 90,5 unidades ou 3,25%. Além disso, o *Lead Time* foi reduzido de 3,79 para 3,67 minutos, representando um uma redução de 0,12 minuto por peça. Esse cenário poderia proporcionar um aumento de faturamento de R\$ 5.400,00, com um lucro estimado de cerca de R\$ 3.957,00 mensais.

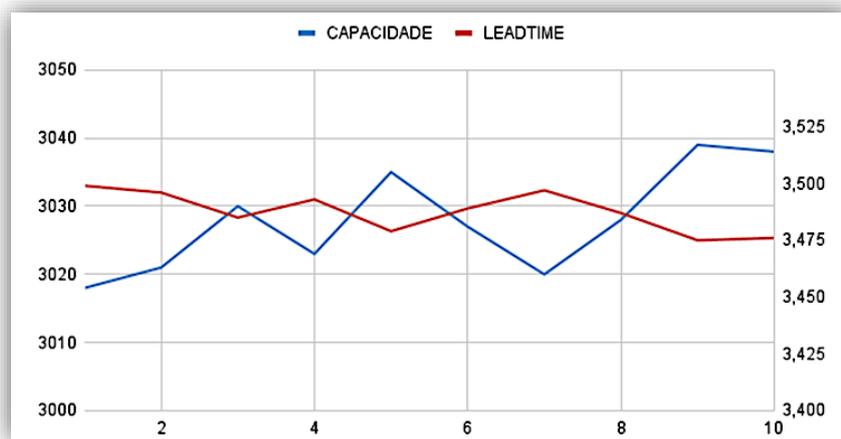
No cenário 2, a realocação das atividades de costura e acabamento, juntamente com a contratação de dois operadores, resultou em melhorias ainda mais significativas. A capacidade produtiva média aumentou para 2.905,5 unidades, um acréscimo de 119,3 unidades ou 4,28%, enquanto o *Lead Time* reduziu para 3,63 minutos em média, uma diminuição de 0,16 minuto ou 4,11%. Nesse cenário, a empresa poderia ter um faturamento adicional de R\$ 7.140,00, com um lucro estimado de cerca de R\$ 4.254,00 mensais.

O cenário 3 destacou-se ao evidenciar que a contratação de três novos colaboradores, distribuídos entre o preparo, o corte e a costura e acabamento, seria uma opção eficaz. Isso se deve à natureza mais demorada do processo de costura e acabamento, onde um colaborador adicional aumentaria o fluxo de produtos. A capacidade produtiva média aumentou para 3.027,9 unidades, um acréscimo de 241,7 unidades ou 8,67%. O *Lead Time* foi reduzido para 3,488 minutos, uma diminuição de 0,302 minuto por unidade ou 7,98%. Esse cenário poderia gerar um faturamento adicional de R\$ 14.460,00, com um lucro estimado de cerca de R\$ 10.131,00 mensais.

Considerando os resultados apresentados, conclui-se que o cenário 3 é a opção mais favorável para a empresa de confecção. Esse cenário destaca pelos melhores resultados em termos de capacidade produtiva e *Lead Time*. Aumentar a capacidade produtiva em 241 unidades por mês representaria um significativo incremento no faturamento, além de reduzir o tempo de produção, melhorando a satisfação dos clientes. O lucro estimado para o cenário estabelecido considera as vendas das unidades extras, subtraindo apenas os salários dos colaboradores contratados, uma vez que os demais custos não foram detalhados pela empresa. Cabe ressaltar que a implementação do cenário 3, embora vantajosa, poderia enfrentar desafios na contratação de três novos colaboradores e no afastamento da visão predominante de terceirização de mão de obra.

Caso a empresa optasse por seguir sem realizar contratações uma opção viável seria a realização de estudos de simulação voltados a adoção de novos métodos de produção ou voltados a aquisição de novos maquinários. A Figura 8 mostra os dados de capacidade produtiva e de *Lead Time* coletados do cenário 3 para cada simulação realizada.

**Figura 8.** Dados da Capacidade Produtiva e Lead Time do cenário 3.



Fonte: Autores (2023).

A correlação entre a quantidade de peças produzidas e o tempo médio por unidade é demonstrada na Figura 8. Nessa Figura, a capacidade utiliza o eixo vertical à esquerda, enquanto o *Lead Time* utiliza o eixo vertical à direita. A eficácia das alterações que eliminam as etapas de distribuição e retorno à empresa é evidenciada, visto que os cenários propostos superam o cenário atual, resultando em redução do *Lead Time*.

As vantagens das diferentes propostas aliadas à contratação de funcionários residem no fato de que a empresa favorece a terceirização e busca manter as contratações mínimas. Assim, mesmo que a empresa opte por não contratar vários operadores, uma opção moderada como o cenário 1 pode ser considerada. O terceiro cenário também revela os ganhos da empresa ao empregar mais mão de obra para aproveitar o potencial produtivo ocioso das máquinas, convertendo produtividade em faturamento.

Este trabalho evidenciou vantagens da simulação, como a avaliação analítica de processos, estimativa de desempenho projetado e controle experimental, conforme apontado por Almeida (2022). Também destacou o aumento da capacidade produtiva e melhor aproveitamento de oportunidades, em linha com Pereira, Cunha e Silva (2015), graças ao uso do maquinário existente. No entanto, algumas desvantagens da simulação citadas por Girotti e Mesquita (2016) também foram evidenciadas, como o nível de aprendizado necessário e o tempo de simulação em modelos complexos. Com isso, foi proposto um plano de ação com o auxílio da ferramenta 5W2H para auxiliar a empresa na implementação do cenário 3 (Quadro 1).

**Quadro 1.** Plano de ação 5W2H.

	What? (O que?)	Why? (Por quê?)	Where? (Onde?)	When? (Quando?)	Who? (Quem?)	How? (Como?)	How much? (Quanto?)
1	Anunciar as vagas de emprego	Atrair candidatos	Agência de empregos, sites de vagas	1 mês	Proprietário	Contato com agências e sites	R\$ 100,00
2	Entrevistar candidatos	Avaliação inicial	Própria empresa	1 mês	Supervisora	Planejar abordagem inicial	R\$ 0,00
3	Testar a proficiência	Avaliação prática	Própria empresa	1 mês	Supervisora	Preparar teste prático	R\$ 0,00
4	Documentar e contratar colaborador	Disponer da mão de obra necessária	Própria empresa/ Escritório de contabilidade	2 meses	Supervisora/ Contador	Recebimento da documentação e contato com o contador	R\$ 0,00
5	Treinar colaborador no processo de confecção	Habilidades adaptadas ao processo de confecção	Própria empresa	2 meses	Supervisora/ Operador	Planejar explicação do processo (modelo conceitual)	R\$ 0,00
6	Contratar manutenção corretiva	Tornar as máquinas de costura disponíveis	Empresa especializada	1 mês	Supervisora	Contato com empresas especializadas	R\$ 200,00
7	Realizar a manutenção nas máquinas de costura	Tornar as máquinas de costura disponíveis	Empresa especializada	1 mês	Equipe de manutenção	Intervenções nas máquinas	R\$ 50,00
8	Mover as máquinas para locais próximos	Economizar tempo de movimentação entre os processos	Própria empresa	1 mês	Equipe de manutenção	Intervenções nas máquinas	R\$ 0,00
9	Criar <i>checklist</i> para operação e segurança das máquinas de costura	Colaborar com a operação tornando-a mais segura e padronizada	Própria empresa	1 mês	Supervisora/ Operador	Levar em consideração os pontos centrais da operação e os maiores riscos à segurança.	R\$ 0,00
10	Treinamento para manutenção preventiva (limpeza)	Evitar desgaste das máquinas	Própria empresa	1 mês	Supervisora/ Operador	Transmitir boas práticas para manter os equipamentos em bom estado	R\$ 0,00

Fonte: Autores (2023).

De Quadro 1, as ações de 1 a 5 estão relacionadas à contratação e treinamento operacional, enquanto as ações de 6 a 10 abordam a viabilização do uso do maquinário, incluindo treinamento para manutenção preventiva, que pode ser conduzida pelos próprios operadores. Logo, cabe a empresa considerar o estudo e mediante sua realidade implementar ou não as soluções propostas, sendo que, ficou comprovado a partir da Simulação a melhoria no processo e na produção da empresa.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi modelar e simular a linha de produção de uma empresa de confecção em Telêmaco Borba - PR, com o propósito de criar cenários de melhoria e identificar o melhor cenário em termos de capacidade produtiva e *Lead Time*. Para cumprir ao objetivo específico foi necessário mapear o fluxo de atividades, criar o modelo conceitual, tratar os dados obtidos, construir o modelo computacional, criar cenários de melhoria e definir o melhor cenário.

Na etapa de construção do modelo conceitual, descreveu-se as etapas do processo, criando o modelo com o *software* DIA. Em seguida, foram modelados os dados de entrada, em que os dados foram coletados e tratados no *LibreOffice Calc*, incluindo a adição dos valores das normais ao modelo conceitual. Também foi construído o modelo computacional do cenário atual, definindo elementos de entrada, saída, itens, filas, máquinas e operadores, além de variáveis essenciais para a simulação. Na etapa de execução dos experimentos, criaram-se três modelos propostos na fase de definição do projeto experimental e apresentando os resultados da simulação.

Por fim, foi identificado o melhor cenário, sendo este o cenário 3 que se destacou ao apresentar um aumento de 8,67% na capacidade produtiva e uma redução de 7,98% no *Lead Time*. Com base nesses resultados, conclui-se o objetivo deste estudo foi alcançado, pois, além de simular e propor novos cenários, houve uma redução do tempo de *Lead Time*, comprovando assim, a necessidade e eficácia do estudo.

Na primeira fase dos resultados, os objetivos foram definidos e o sistema foi estabelecido com critérios claros. O mapeamento do processo foi realizado, as etapas foram descritas e o modelo conceitual foi criado no *software* DIA. Na sequência, o modelo conceitual foi validado junto à empresa para garantir que refletia com precisão o processo real, e a documentação do modelo foi organizada de acordo com as preferências da empresa. Os dados de cada processo foram coletados e tratados no *LibreOffice Calc* para calcular médias e desvios padrão. Na segunda fase dos resultados, o modelo computacional do cenário atual foi construído utilizando o *software FlexSim*<sup>®</sup>. Após a criação dos elementos e das configurações iniciais, o modelo foi apresentado à empresa e aprovado.

Na última etapa da segunda fase, o modelo foi verificado a partir de 10 simulações para comparar os resultados simulados com os dados reais coletados. A variação entre esses dados foi considerada baixa, o que validou o modelo do cenário atual. Na terceira fase, três cenários experimentais foram definidos com base no cenário atual da empresa. Esses cenários foram implementados no *FlexSim*<sup>®</sup> e passaram por 10 rodadas de simulação cada para medir a capacidade produtiva e o *Lead Time* médio.

Após análise dos dados de cada cenário, o estudo concluiu que a melhor opção para a linha de confecção é a implementação do cenário 3. Esse cenário apresenta a melhor capacidade produtiva e o menor *Lead Time*, resultando em maior faturamento com a venda de unidades extras e entregas mais rápidas, o que aumentará a satisfação do cliente.

O estudo ressaltou a vantagem da simulação em permitir previsões de cenários sem necessidade de investimentos monetários no processo. Também destacou a importância da simulação como ferramenta de apoio à tomada de decisão, fornecendo dados visuais para decisões fundamentadas.

No entanto, o estudo também encontrou desafios, como o tempo significativo necessário para a coleta de dados devido a diferentes disponibilidades da empresa. Para trabalhos futuros, são sugeridas as seguintes ações: realizar simulações considerando novos maquinários e analisar a viabilidade de aquisição dessas máquinas; aplicar a metodologia de simulação em outras empresas de confecção para comparação de capacidade produtiva e *Lead Time*; desenvolver um modelo computacional em diferente *software* de simulação para comparação; simular cenários que incluam atividades administrativas e operacionais para abrangência completa; simular cenários de aquisição de novas máquinas e adoção de novos métodos de produção e dimensionar o *layout* produtivo para melhorar a precisão das simulações futuras.

## REFERÊNCIAS

- Almeida, J. D. F. (2016). Simulação por eventos discretos—teoria e prática. Bambuí—MG: *Apostila DEC-Instituto Federal de Minas Gerais*. 60p. Recuperado de <https://cursos.unipampa.edu.br/cursos/engenharia/eproducao/files/2016/08/apostila-sim-simulacao-por-eventos-discretos.pdf>
- Cavalcanti, A. M. & dos Santos, G. F. (2022). A indústria têxtil no Brasil: uma análise da importância da competitividade frente ao contexto mundial. *Exacta*, 20(3), 706-726. Recuperado de <https://periodicos.uninove.br/exacta/article/download/17784/8899>
- Chwif, L. & Medina, A. (2014). *Modelagem e simulação de eventos discretos*, 4a edição: Teoria e aplicações (Vol. 4). Elsevier Brasil.
- Cruz, R. C., da, Lima, C. E. da S, Fonseca, R. M. dos S., & Santos, Fonseca, F. (2019). Simulação como procedimento de apoio e melhorias no processo de envase de ferro ligas. In: XXXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Santos-SP, 2019. *Anais do XXXIX ENEGEP*. Recuperado de [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_292\\_1648\\_37481.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_292_1648_37481.pdf)
- Santos Filho, V. H., dos. (2016). *Modelagem e simulação a eventos discretos em uma empresa prestadora de serviços imobiliários da cidade de Passos – MG: lead time e capacidade de atendimento*. 83f. Trabalho de conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Universidade do estado de Minas Gerais. Passos.
- Santos Filho, V. H., dos, Oliveira S., L., & Ferreira, J. D. S. J. (2019). Simulation of discrete events in a Brazilian real estate services company in Southwest of Minas Gerais/Simulacao a eventos discretos em uma empresa Brasileira prestadora de services imobiliarios no Sudoeste Mineiro. *Revista Exacta*, 17(2), 29-46.
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (Vol. 4, p. 175). São Paulo: Atlas.
- Girotti, L. J. & Mesquita, M. A. D. (2015). Simulação e estudos de caso no ensino de planejamento e controle da produção: um survey com professores da engenharia de produção. *Production*, 26, 176-189. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/prod/a/5G38KnyghMBRxpq3dZbg3w/?format=pdf&lang=pt>
- Silva G. M., da, Sousa P. A. C., de, Mesquita, A. L. G., Santos II, A. B., & Moreira, A. V. G. (2018). O uso da simulação computacional para melhoria nos processos produtivos: uma aplicação da teoria de filas com o uso de simuladores. *Exacta*, 16(3), 167-180. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/810/81058961012/html/>
- Moreira, D. A. (2010). *Pesquisa Operacional – Curso Introdutório*. Cengage Learning Edições Ltda.
- Montevecchi, J. A. B., Leal, F., Pinho, A. F., de, Costa, R. F., Oliveira, M. L. M., de, & Silva, A. L. F. (2010). Conceptual modeling in simulation projects by mean adapted IDEF: an application in a Brazilian tech company. In *proceedings of the 2010 Winter Simulation Conference* (pp. 1624-1635). IEEE. Recuperado de <https://www.informs-sim.org/wsc10papers/150.pdf>
- Montevecchi, J. A. B., Pinho, A. F., de, Leal, F., & Marins, F. A. S. (200). Application of design of experiments on the simulation of a process in automotive industry. In 2007 Winter Simulation Conference (1601-1609). IEEE. Recuperado de <https://www.informs-sim.org/wsc07papers/198.pdf>
- Pereira, C. D., Cunha, G. D., & Silva, M. D. (2015). A simulação na pesquisa operacional: uma revisão literária. IX *EEPA - Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial*, Campo Mourão.