

De 11 a 14 - NOVEMBRO DE 2024

**Inteligência Artificial
na Gestão de Operações:**
Limitações e possibilidades



SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS NA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO: UM ESTUDO DE CASO

DISCRETE EVENT SIMULATION IN THE CLOTHING INDUSTRY: A CASE STUDY

LARISSA DE CASTRO SILVA - larissadecastro01@gmail.com
CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS – UNICHRISTUS

GUSTAVO ALENCAR ROLIM - gustavo.rolim@usp.br
UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP | CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS –
UNICHRISTUS

DAVI GARCIA LOPES PINTO – davi.pinto@unichristus.edu.br
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC | CENTRO UNIVERSITÁRIO
CHRISTUS – UNICHRISTUS

ÁREA: 3. PESQUISA OPERACIONAL

SUBÁREA: 3.1 – MODELAGEM, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO

RESUMO: O SETOR TÊXTIL É ESSENCIAL PARA A ECONOMIA NACIONAL, SENDO O SEGUNDO MAIOR EMPREGADOR DA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO NO BRASIL. APESAR DE SUA RELEVÂNCIA, MUITAS EMPRESAS AINDA TOMAM DECISÕES BASEADAS SOMENTE NA INTUIÇÃO DOS GESTORES. ESTE ESTUDO APRESENTA UM MODELO DE SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS COMO FERRAMENTA ANALÍTICA PARA AUXILIAR A TOMADA DE DECISÕES NOS PROCESSOS DE COSTURA E ACABAMENTO DE UMA EMPRESA TÊXTIL. A PARTIR DO MODELO PROPOSTO, IDENTIFICOU-SE UMA SOBRECARGA NA ESTAÇÃO DE COSTURA. FORAM SUGERIDOS DOIS CENÁRIOS DE MELHORIA: REALOCAÇÃO DE RECURSOS E ADIÇÃO DE NOVOS RECURSOS. NO PRIMEIRO CENÁRIO, A PRODUÇÃO AUMENTOU EM 13%, ENQUANTO NO SEGUNDO, O AUMENTO FOI DE 45%. A SIMULAÇÃO TAMBÉM REVELOU QUE A META DIÁRIA DA EMPRESA PODE SER IRREALISTA, POIS NÃO CONSIDERA OS GARGALOS E AS ESPECIFICIDADES DE CERTOS PROCESSOS.

PALAVRAS-CHAVES: INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO; SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS; CAPACIDADE PRODUTIVA; ARENA.

1. INTRODUÇÃO

A indústria têxtil desempenha um papel essencial na economia global, influenciando a moda, o consumo e a geração de empregos. A Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT, 2021) relata que o segmento de confecção abriga aproximadamente 24,3 mil empresas formais, tornando-se o segundo maior empregador na indústria de transformação, ficando atrás apenas da indústria de alimentos. Entretanto, esse setor enfrenta desafios significativos, como a grande competitividade do mercado, que pressiona as empresas a produzirem uma variedade maior de modelos para oferecer mais opções de peças aos consumidores (RAMOS, 2021). A necessidade de atender às tendências da moda e à demanda do mercado exige que as fábricas melhorem seus processos produtivos para aumentar a capacidade e diversificar a oferta. No entanto, muitas vezes, as taxas planejadas de produtividade não são alcançadas devido à tomada de decisão baseada na intuição e na experiência dos gestores, em vez de em dados concretos, dificultando a elaboração de planos de produção que atendam a necessidade do mercado.

A gestão eficaz na indústria de confecção requer uma abordagem orientada por dados, que permite fundamentar decisões com informações reais obtidas por meio de tecnologias da informação. Ferramentas tecnológicas são indispensáveis para a evolução e otimização do setor, pois possibilitam centralizar e analisar dados de maneira eficaz (PEREIRA; CARVALHO; SANTOS, 2015).

Nesse contexto, o presente trabalho explora a importância das ferramentas de Pesquisa Operacional e Simulação Computacional como meios para mitigar os problemas relacionados à tomada de decisão sem respaldo de dados e proporcionar melhorias na produção da indústria de confecção. A simulação computacional, como destacado por Loder e Bender (2007), permite estudar o comportamento estático e dinâmico de problemas específicos em um ambiente virtual, possibilitando a avaliação das respostas do sistema diante de condições do mundo real.

Com base no exposto, esta pesquisa visa explorar a seguinte questão: de que forma a aplicação de um modelo de simulação computacional pode auxiliar na identificação e resolução de gargalos na produção de roupas, assim como no aprimoramento do processo de tomada de decisão, de modo a melhorar a capacidade produtiva nas empresas de confecção? Essa questão se fundamenta na amplitude dos desafios que permeiam a indústria de confecção, abrangendo desde a complexidade de sua cadeia de suprimentos até às dificuldades inerentes ao cumprimento de prazos e à resolução de problemas emergentes.

De forma mais específica, o presente estudo visa: (1) criar um modelo de simulação computacional que represente os processos de costura e acabamento na indústria de confecção; (2) identificar os principais gargalos no processo de produção por meio da análise dos resultados da simulação; (3) simular diferentes cenários com estratégias de alocação de recursos e analisar o impacto na capacidade de produção.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Simulação de eventos discretos

A simulação é uma técnica fundamental que desempenha um papel significativo na análise e na solução de problemas complexos em diversas áreas. Prado (2014, p. 29) aborda uma definição abrangente, descrevendo a simulação como "uma técnica de solução de um problema pela análise de um modelo que descreve o comportamento do sistema usando um computador digital". No entanto, essa abordagem nem sempre foi tão acessível, visto que, na década de 1950, a realização de simulações exigia um profundo conhecimento em programação. Mas, com o avanço tecnológico, na década de 1980 surgiu a simulação visual, uma abordagem altamente aceita devido a sua interface mais intuitiva e compreensível (PRADO, 2014)

Medina (2015) define o modelo de simulação como a representação de um sistema real, modelado em um computador, que captura com mais fidelidade características do sistema real quanto a sua natureza dinâmica e aleatória visto que as variáveis mudam de estado instantaneamente em pontos distintos no tempo, em resposta a eventos, denominado por Simulação de Eventos Discretos (SED). Um exemplo prático é o sistema de filas, no qual o estado do sistema é representado pelo número de clientes presentes, e eventos discretos, como chegadas e saídas de clientes devido à conclusão do serviço, alteram esse estado. Na prática, a maioria das aplicações de simulação adota a abordagem de eventos discretos visto que em cenários complexos que envolvem muitas operações, a representação do cenário real por meio de modelos matemáticos tradicionais pode se tornar desafiadora (GENNARO *et al.*, 2017). Já a simulação oferece a capacidade de modelar eventos aleatórios, baseados em distribuições padrão e não padrão, o que possibilita a previsão das complexas interações entre esses eventos (HILLIER; LIEBERMANN; 2013).

A cada ano a SED vem sendo mais utilizada devido a enorme variedade de *software* que desenvolvem processos de simulação, funcionando como um poderoso mecanismo que auxilia a melhorar a precisão das decisões. A simulação pode ser aplicada por qualquer

empresa, com os mais diversos segmentos, de qualquer porte (BELTÉRIO, 2020). Uma das áreas que tem apresentado uma maior quantidade de aplicações são as linhas de produção, onde podem ser analisados alguns fatores, como: modificações em sistemas já existentes, planejamento de um novo setor de produção, gestão de estoque, dentre outros. Diversas outras áreas recebem aplicação de simulação, tais como: logística, bancos, supermercados, escritórios, dentre outros (PRADO, 2014).

Vale ressaltar que a simulação oferece uma série de vantagens significativas. Banks *et al.* (2005) destacam algumas dessas vantagens, incluindo a capacidade de testar todos os aspectos de uma proposta de mudança com menor gasto de recursos, a flexibilidade para analisar fenômenos variando a velocidade do tempo de simulação e a possibilidade de avaliar os efeitos das variáveis e suas interações sobre o sistema. A simulação também promove um entendimento mais profundo de como o sistema realmente opera, o que pode ser fundamental na especificação das necessidades para aprimoramentos.

Em resumo, a simulação desempenha um papel crítico na análise de sistemas complexos e na tomada de decisões informadas em uma variedade de campos, oferecendo uma ferramenta para modelagem, experimentação e melhoria de desempenho.

2.2 Simulação de eventos discretos na indústria

Pergher, Váccaro e Pradella (2013) realizaram a aplicação da simulação computacional com o objetivo de determinar a capacidade produtiva de um processo de produção de pães. Através do modelo de simulação foram analisados três cenários distintos em que foi possível adequar a capacidade dos equipamentos para conseguir atender à demanda. O modelo ajudou a identificar gargalos, tempos de espera e outros aspectos críticos do sistema. Com isso, devido à simulação de novos cenários a empresa pôde planejar precisamente o investimento necessário para construir o sistema produtivo e saber de forma confiável os resultados que iriam ser obtidos.

Torres et al. (2021) apresentaram a aplicação de simulação em um processo de beneficiamento de minério de ferro com umidade natural para aumento de produção. O modelo de simulação no Arena foi desenvolvido para aumentar a produtividade em uma planta de beneficiamento de minério de ferro, permitindo a comparação com a realidade atual do processo, possibilitando alterações e acompanhamento dos resultados. Como principais resultados foram experimentados cinco cenários, sendo um deles uma grande alternativa para aumentar a produtividade na planta, proporcionando um aumento na produção de 58,42%.

Piacentini et al. (2022) desenvolveram um modelo de simulação na indústria de plásticos para solucionar custos elevados devido à ineficiência na programação da produção e ao excesso de estoques. Utilizando simulação computacional e otimização com o software AnyLogic, identificaram a melhor combinação de variáveis para reduzir os estoques em processo, alcançando uma redução de 96%.

2.3 Aplicação de simulação na indústria têxtil

Ramos (2021) propôs otimizar a produção de uma empresa de fardamentos usando simulação computacional, especificamente o *software Promodel*. Ao analisar três opções de aumento da capacidade, considerando tempo de produção e salários. A simulação mostrou-se útil na tomada de decisões, permitindo análise prévia de cenários e compreensão aprofundada dos fatores que afetavam a eficiência. Para o futuro, a empresa pode aprimorar os modelos de simulação incorporando dados adicionais e realizando análises de custo-benefício para decisões mais sustentáveis.

Neto, Oliveira e Andrade (2014) realizaram um estudo sobre o desempenho de um processo produtivo em uma empresa de confecção de roupas, utilizando modelagem e simulação computacional através do software *Arena*. O objetivo foi sugerir soluções para a problemática de desbalanceamento em alguns setores da empresa, com base no comportamento do sistema simulado. Os principais resultados foram a identificação de gargalos na produção e a sugestão de soluções para otimizar o layout e melhorar o desempenho do processo produtivo, como a redistribuição de tarefas e a implementação de um sistema de monitoramento em tempo real.

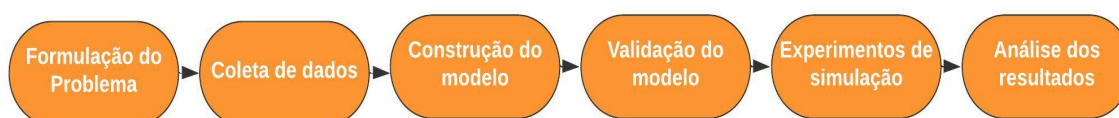
3 METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada em uma indústria de confecção localizada em Fortaleza, Ceará. Para a realização da simulação, foi escolhido o software *Arena*. Trata-se de um *software* robusto que conta com ferramentas estatísticas que auxiliam no processo de análise de dados, além de possuir uma interface interativa que permite realizar análises detalhadas dos resultados do modelo (BELTÉRIO, 2020).

Segundo Medina (2015), o desenvolvimento de um modelo de simulação consiste em três grandes fases: (1) concepção ou formulação do modelo, (2) implementação do modelo e (3) análise dos resultados.

Na presente pesquisa, a metodologia adotada para o desenvolvimento do estudo de simulação representa uma adaptação das abordagens propostas por Banks et al. (2005) e Medina (2015). Essas metodologias proporcionam uma melhor identificação dos elementos fundamentais no desenvolvimento de um modelo de simulação. Portanto, a metodologia de simulação adotada neste trabalho está apresentada na Figura 1 e inclui as seguintes etapas: (1) formulação do problema, (2) coleta de dados, (3) construção do modelo, (4) validação do modelo, (5) realização de experimentos de simulação e (6) análise dos resultados.

FIGURA 1 - Metodologia da Simulação



Fonte: Elaborado pelo Autor

3.1 Formulação do problema

Esta fase concentra-se em analisar o atual cenário para concepção do problema, que aqui se caracteriza como a necessidade de melhorar a capacidade de produção diária da fábrica, com foco nas áreas de costura e acabamento. A justificativa para tal abordagem reside no fato de que, atualmente, esse cálculo é realizado de maneira empírica pela empresa. A prática vigente envolve a determinação da meta diária (1), a qual, em muitas ocasiões, não é alcançada.

$$MT = \frac{OP \times MD}{TP} \quad (1)$$

MT é a meta diária. OP é a quantidade de operadores. MD são os minutos disponíveis e TP é o tempo total da peça.

Diante dessa realidade, buscou-se adotar a simulação por eventos discretos como uma alternativa mais precisa e eficaz para a avaliação da capacidade produtiva de modo a identificar as restrições do sistema e propor novos cenários. Isso se faz necessário visto que não há uma previsão clara da capacidade produtiva na empresa. Para tal, foi simulado uma ordem de produção de blusas básicas.

3.2 Coleta de dados

Para coletar informações relacionadas ao processo de costura e acabamento foram fornecidos pela equipe de cronometragem os tempos de execução de cada operação que compõe esses processos para a produção de um modelo de blusa básica. O modelo de “blusa básica” foi escolhido por ser o produto mais produzido da empresa devido a sua aceitação no mercado.

TABELA 1 – Tamanho da amostra por operação

Processo	Operação	Tamanho da amostra
Costura	Unir 1º ombro	7
	Aplicar decote viés	Determinístico
	Unir 2º ombro	7
	Pregar mangas	5
	Fechar laterais	10
	Embainhar mangas	15
	Embainhar barra	6
	Pregar etiqueta	Determinístico
	Mosquear viés decote	Determinístico
	Tirar fios	5
Acabamento	Inspecionar blusa	20
	Engomar blusa	20
	Pregar placa metálica	20
	Etiquetar	20
	Dobrar e embalar	20
	Inspecionar blusa	20

Fonte: Elaborado pelo autor

A coleta de dados realizada pela equipe de cronometragem ocorreu em dias distintos, através do acompanhamento por amostragem das operações de diferentes ordens de produção, dentre eles, modelos de blusas. Os tempos de cada operação foram cronometrados com auxílio de cronômetros digitais, registrando do início ao término de cada operação, e em seguida, os dados foram registrados em planilhas de Excel.

Para este estudo, definiram-se todas as operações necessárias para compor os processos de costura e acabamento de um modelo de blusa básica. Com isso, buscaram-se, nos registros, as observações dos tempos analisados de cada operação. A Tabela 1 mostra o tamanho da amostra coletado para cada operação. As operações dos processos de acabamento foram observadas 20 vezes por serem menos complexas, mais rápidas e comuns a todas as peças. Já as operações do processo de costura apresentaram variabilidade no tamanho da

amostra devido à sua complexidade e duração, exigindo maior disponibilidade da equipe de cronometragem. Algumas operações consideradas mais complexas e demoradas, como "aplicar viés no decote", "pregar etiqueta" e "mosquear viés no decote", foram presumidas como determinísticas devido a indisponibilidade dos dados.

TABELA 2 - Distribuições estatísticas

Processo	Operação	Distribuição	P value
Costura	Unir 1º ombro	$0.13 + 0.07 * \text{BETA}(1.13, 1.64)$	>0,05
	Aplicar decote viés	Determinístico - 1.10	-
	Unir 2º ombro	$0.31 + \text{LOGN}(0.0364, 0.0235)$	>0,05
	Pregar mangas	$0.77 + \text{LOGN}(0.396, 0.345)$	>0,05
	Fechar laterais	$\text{NORM}(0.924, 0.0317)$	>0,05
	Embainhar mangas	$0.46 + 0.2 * \text{BETA}(1.13, 1.64)$	>0,05
	Embainhar barra	$0.96 + 0.2 * \text{BETA}(1.13, 0.808)$	>0,05
	Pregar etiqueta	Determinístico - 0.383000	-
	Mosquear viés decote	Determinístico - 0.30	-
	Tirar fios	$0.94 + 0.42 * \text{BETA}(1.13, 1.64)$	>0,05
	Inspecionar blusa	$0.81 + \text{LOGN}(0.283, 0.183)$	>0,05
Acabamento	Engomar blusa	$\text{NORM}(0.786, 0.0484)$	>0,05
	Pregar placa metálica	$\text{TRIA}(0.18, 0.235, 0.29)$	>0,05
	Etiquetar	$\text{TRIA}(0.09, 0.108, 0.15)$	>0,05
	Dobrar e embalar	$\text{NORM}(0.374, 0.0291)$	>0,05
	Inspecionar blusa	$0.81 + \text{LOGN}(0.283, 0.183)$	>0,05

Fonte: Elaborado pelo autor

Depois de coletados, os dados foram inseridos na ferramenta *Input Analyzer* do software *ARENA*, para estimar as funções de distribuição de probabilidade. Para verificar se os dados aderiram à distribuição estatística, utilizou-se o teste de aderência Kolmogorov-Smirnov (KS). Na ferramenta, são demonstrados tanto os testes Qui-quadrado quanto o teste KS. Optou-se pelo teste KS devido à sua capacidade de se adequar a pequenas amostras e de trabalhar com variáveis contínuas (SIEGEL; CASTELLAN JUNIOR, 2006).

Segundo Virgillito (2017), o teste KS compara a função acumulada do modelo teórico com a função acumulada das frequências observadas, calculando a distância máxima entre as duas distribuições. Esse valor é então comparado a um valor crítico tabelado do teste KS para diferentes níveis de significância, permitindo a verificação da aceitação ou rejeição da hipótese de aderência. No entanto, para analisar esse teste, o *Input Analyzer*, fornecem um valor chamado *p-value*, que, segundo Medina (2015), representa o menor nível de

significância no qual a hipótese de aderência pode ser rejeitada. Para este estudo, um nível de significância de 5% foi considerado. Ou seja:

- Se o *p-value* for menor ou igual a 0,05 a hipótese é rejeitada ao nível de significância.
- Se o *p-value* for maior ou igual a 0.05 a hipótese não é rejeitada ao nível de significância.

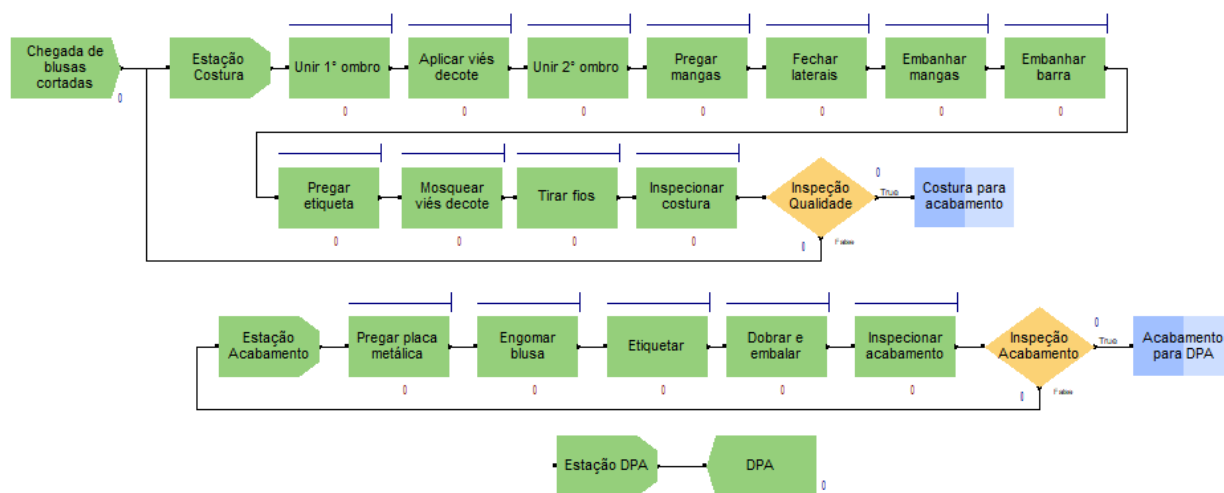
Os resultados dos testes de aderência são apresentados na Tabela 2 os valores de *p-value* foram superiores ao nível de significância de 0,05; isso significa que há evidências para se rejeitar a hipótese nula de que as operações seguem as distribuições de probabilidade consideradas.

Os tempos das seguintes operações de costura: “aplicar viés decote”, “pregar etiqueta” e “mosquear viés decote”, possuem poucas variações nos tempos de execução e por este motivo foram presumidos como determinísticos.

3.3 Construção do modelo

Com os dados coletados, foi construído o modelo de simulação computacional que representa as operações de costura e acabamento para fabricação das blusas. Os detalhes da implementação do modelo podem ser observados na Figura 2.

FIGURA 2 - Modelo de simulação



Fonte: Elaborado pelo autor

No módulo *Create* foram inseridos dados referentes à produção enviada pelo setor de corte à estação de costura. A chegada da ordem de produção estudada, de blusas básicas,

acontece de uma única vez para o setor de costura. Dentre a quantidade da OP enviada pelo setor de corte, foi estipulado pela empresa a meta diária de produzir 146 blusas dentro de um período de 220 minutos, meio período de funcionamento da fábrica. A meta a ser produzida foi inserida no campo *Entities per arrival*.

Após receber a ordem de produção do setor de corte, as entidades entram na estação de costura. Tanto os módulos *Process* da estação de costura quanto da estação de acabamento foram configurados com o tipo de processamento denominado *Seize delay release*. Isso indica que um recurso será alocado, seguido por um atraso no processo, e então o recurso alocado será liberado. Em outras palavras, após o processamento de uma operação de costura ou acabamento, a entidade seguirá para as demais operações. Dentro desses módulos, foram inseridas as distribuições estatísticas estimadas pelo *Input Analyzer*.

Os tempos de movimentação de uma estação para outra foram representados através dos módulos *Leave*, foi definido o tempo padrão de dois minutos.

Durante os processos de costura e acabamento ocorre o processo de inspeção das peças a fim de averiguar a conformidade da peça, que dependendo de seu resultado, podem seguir adiante ou retornar à processos anteriores. Essa representação ocorreu através do módulo *Decide*. Este módulo foi representado através do tipo de decisão *2-way by chance*, ou seja, a depender de uma determinada porcentagem a entidade poderá seguir dois caminhos. A porcentagem definida no módulo foi com base nos dados coletados referente ao percentual de aprovação e reprovação de peças na fase inspeção durante todo o ano de 2023. Para o módulo decide na inspeção de costura foi definido uma porcentagem de 79% de aprovação, para o módulo *Decide* da inspeção no acabamento foi definido uma porcentagem de 80,75% de aprovação.

Por fim, ao finalizar todo o processo produtivo, as peças são encaminhadas à estação de Departamento de Produtos Acabados (DPA), finalizando no módulo *Dispose*.

3.4 Validação do modelo

Para verificar o modelo de simulação, foi utilizado o sistema de depuração do próprio Arena a fim de verificar se foram detectados erros. Além disso, foi analisado o movimento das entidades através da animação gráfica da simulação.

Para validar o modelo foi utilizado a técnica “face a face”. De acordo com Medina (2015), esse tipo de validação diz respeito a discutir o modelo com pessoas que possuem entendimento do processo simulado. Em conjunto com a equipe de cronoanálise, os resultados do modelo foram analisados. Verificou-se que as filas identificadas pelo modelo nas

operações de costura “aplicar viés decote”, “fechar laterais”, “embainhar mangas” e “embainhar barras” também são observadas na prática. Além disso, foram identificados que os processos de acabamento possuem filas mínimas no modelo que também correspondem à realidade, principalmente nas operações de “etiquetar” e “dobrar e embalar”.

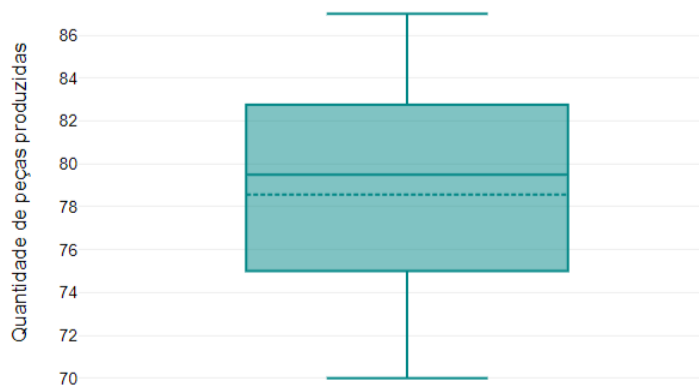
4. RESULTADOS

4.1 Realização dos experimentos de simulação

O modelo de simulação foi executado simulando a operação de meio período da fábrica (220 minutos). O modelo foi replicado 30 vezes. Os resultados obtidos com a simulação do sistema estão descritos nos gráficos desta seção. Os principais resultados se referem ao número de peças produzidas no dia, tamanho das filas no processo e utilização dos recursos.

Quanto a quantidade de peças produzidas foi possível verificar que a meta diária não foi atingida. A produção demandada foi de 146 peças para este período e foram executadas em média de 78 peças. O *boxplot* da Figura 3 ilustra a distribuição da produção diária com o resultado de cada replicação.

FIGURA 3 - *Box plot* da quantidade de peças produzidas



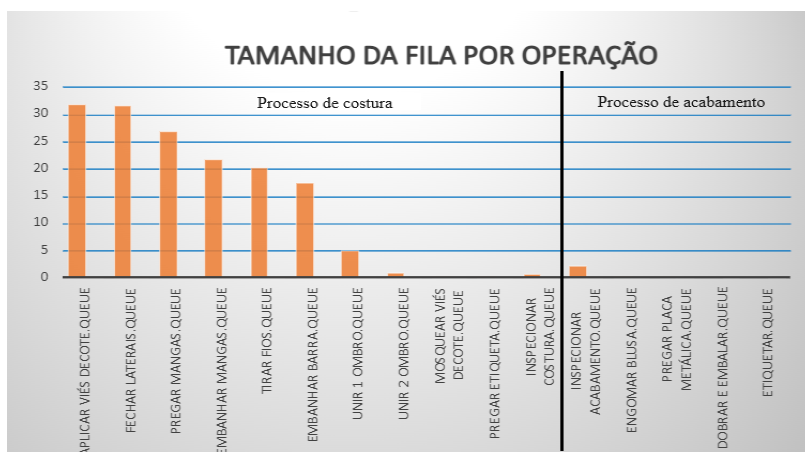
Fonte: Elaborado pelo autor

O gráfico demonstra que a quantidade de peças executadas pelo modelo variou entre 70 e 87 peças, valor mínimo e máximo, respectivamente. Apresentou uma mediana de 79 peças, ou seja, metade do modelo executou mais que 79 peças e a outra metade executou valores inferiores a esse. Além disso, apresentou uma média de 78 peças executadas, bastante próxima a mediana, isso significa que a distribuição dos dados é simétrica.

Quanto a formação de filas resultante da simulação é possível identificar que a estação de costura é o principal gargalo, visto que as operações que correspondem a essa estação demonstraram maiores tamanhos de filas, conforme demonstrado na Figura 4.

As barras do gráfico apresentado na Figura 4 demonstram o tamanho médio das filas em cada operação, ou seja, a média da quantidade de blusas que ficaram aguardando em fila. Conforme dito anteriormente, as operações correspondentes à estação de costura apresentaram maiores filas, um exemplo são as operações de “aplicar viés decote” e “fechar laterais” com uma média aproximadamente de 32 blusas em fila, representando a maior quantidade. Em contraste, as operações da estação de acabamento, como “dobrar e embalar” e “etiquetar”, não apresentaram formação de filas.

FIGURA 4 - Tamanho da fila por operação



Fonte: Elaborado pelo autor

Devido à estação de costura ter demonstrado ser um gargalo, foi analisada a taxa de utilização dos recursos utilizados nessa estação. Os recursos do grupo de costura foram nomeados como "C1", "C2" e "C3". Existem dois costureiros de cada tipo.

- C1 – dois responsáveis pelas operações “unir 1º ombro”, “unir 2º ombro”, “pregar etiqueta” e “mosquear viés decote”.
- C2 – dois responsáveis pelas operações “aplicar viés decote”, “embainhar mangas” e “embainhar barra”.
- C3 – dois responsáveis pelas operações “pregar mangas” e “fechar laterais”.

A Tabela 3 destaca que os costureiros do tipo C2 são os recursos mais utilizados, atingindo uma taxa de utilização de 100%. A sobrecarga desses costureiros justifica a formação de filas nas operações apresentadas na Figura 4, as quais a maior parte estão sob

responsabilidade dessa categoria de costureiro. Já os costureiros C3 apresentaram uma taxa de utilização de 78%, considerado aceitável pela empresa. Por outro lado, os costureiros tipo C1 demonstraram utilização de apenas 43%, com maior percentual representando ociosidade (57%).

TABELA 3 - Utilização dos recursos

Tipo do operador	Taxa de ocupação	Taxa de ociosidade
C1	43%	57%
C2	100%	0%
C3	78%	22%

Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 Análise dos resultados

Com a análise do cenário atual foi elaborado uma proposta de dois cenários alternativos, cuja diferença entre os cenários está na alteração dos recursos da estação de costura. Para a análise foram avaliados os indicadores: (i) quantidade de peças produzidas, (ii) taxa de utilização dos recursos e (iii) média de entidades em filas na estação de costura, a qual é definida a partir da seguinte equação (2):

$$MG = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \sigma_i \quad (2)$$

Onde **MG** é a média global de entidades em fila na estação de costura, n é número de operações na estação de costura. σ_i é a média de entidades em fila referente ao total de replicações (ex. 30) na operação de costura i.

Dado que a taxa de utilização dos recursos da classe de costureiro C2 está em 100%, com sobrecarga, no cenário 1 foi adicionado mais um recurso à classe C2 e retirado um costureiro do tipo C1 visto que esta categoria apresentava ociosidade. Já no cenário 2, com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva foi simulado o aumento de um recurso do tipo C2, sem alteração nos demais recursos. A Tabela 4 representa os resultados dos cenários.

No Cenário 1 observou-se uma melhor utilização dos costureiros, indicando uma menor sobrecarga nos operadores. Houve uma redução de 21% no tamanho médio das filas, já que a sobrecarga dos operadores de classe C2 estava gerando essas filas. Por fim, houve um aumento de 10 peças na quantidade total de peças produzidas quando comparado ao cenário atual. Ou seja, apenas com a realocação dos recursos, foi possível aumentar a produção, sem a

necessidade de contratar mais colaboradores. Para isso, é necessário treinar um dos colaboradores de categoria C1 para executar as atividades do costureiro C2.

TABELA 4 - Resultado dos cenários de simulação

Cenário	Recursos	Utilização	MG	Qtd. Produzida
Cenário atual	C1	2	43%	78
	C2	2	100%	
	C3	2	78%	
Cenário 1	C1	1	90%	88
	C2	3	70%	
	C3	2	80%	
Cenário 2	C1	2	81%	113
	C2	3	70%	
	C3	2	46%	

Fonte: Elaborado pelo autor

No intuito de aumentar a quantidade de peças produzidas, foi simulado o Cenário 2 que resultou num aumento de aproximadamente 45% na quantidade de peças produzidas, isso demonstra que apesar deste cenário necessitar da contratação de mais um colaborador do tipo C2, financeiramente é compensatório, visto que o ganho que será obtido pela venda dessas 35 blusas produzidas a mais, com ticket médio de 120,00; é superior ao custo do costureiro.

Além disso, foi observada uma boa utilização dos costureiros, sem sobrecargas. Os costureiros tipo C3 demonstram 47% de utilização, quando estiverem ociosos poderão auxiliar na atividade de “tirar fios”, que é de responsabilidade do Auxiliar de Costura e demonstrou formação de filas. Além do aumento da capacidade e melhora na utilização dos costureiros, houve uma redução no tamanho das filas de 50% quando comparado ao cenário atual.

Apesar dos cenários propostos terem aumentado a capacidade produtiva, a meta da empresa não foi atingida, o que reforça que o cálculo empírico da empresa pode não condizer com a realidade. Um dos motivos é que o cálculo não considera os gargalos do processo, como a formação de filas e sobrecarga dos colaboradores, além de não considerar o percentual de reprovação nas fases de inspeção.

5. CONCLUSÃO

O estudo buscou aplicar um modelo de simulação computacional para melhorar a capacidade de produção de blusas básicas, produzidas em uma fábrica de confecção de roupas localizada no Ceará. Além de aprimorar o processo de tomada de decisão mediante a análise de diferentes cenários. Através da simulação, foi possível analisar o impacto de diferentes estratégias de alocação de recursos na capacidade de produção da fábrica. Os experimentos realizados revelaram que a estação de costura é o ponto de gargalo no processo de produção, evidenciado pelo tamanho significativo das filas nas operações. Isso levou à proposta de dois cenários de melhoria, que demonstraram um aumento na capacidade produtiva, uma redução no tamanho das filas e melhor utilização dos operadores.

No primeiro cenário, com a realocação dos recursos da estação de costura, foi possível aumentar a produção em 13% sem a necessidade de contratar mais colaboradores. No segundo cenário, com a adição de um recurso específico, houve um aumento de 45% na capacidade produtiva, demonstrando que investimentos estratégicos em recursos podem gerar um retorno financeiro. Nesse sentido, recomenda-se para futuros estudos uma análise financeira mais detalhada.

Além disso, a simulação permitiu identificar que a meta diária estabelecida pela empresa pode não ser realista, pois não leva em consideração os gargalos do processo e o percentual de reprovação nas fases de inspeção.

REFERÊNCIAS

ABIT - Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Disponível em: <<https://abit.org.br/cont/perfil-do-setor>>. Acesso em: 15 set. 2023.

BANKS, J.; CARSON, J.; NELSON, B. **Discrete-event system simulation.** 4th. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2005.

BELTÉRIO, M. H. P. **Aplicação da simulação como ferramenta de apoio à tomada de decisão em um sistema de produção de geleia em uma indústria alimentícia utilizando o software Arena.** 2020. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020.

CHIWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e Simulação de Eventos Discretos: teoria & aplicações.** 4. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2015.

GENNARO, C. K. et al. **Aplicação da Simulação de Eventos Discretos para propostas de melhorias numa linha de montagem de uma empresa do setor automotivo.** *Exacta*, v. 15, n. 1, p. 47-56, 2017.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Métodos de Pesquisa**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2009.

HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. Porto Alegre: Mc Graw Hill, 2013.

LODER, L. L. BENDER, F. A. **O uso de programas de simulação em cursos de engenharia: possibilidades e necessidades**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 35., 2007, Curitiba. Anais do XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Curitiba: Associação Brasileira de Educação de Engenharia, 2007.

GOMES NETO, H.; OLIVEIRA, J. B.; de ANDRADE, C. R. F. **Modelagem e simulação computacional em uma empresa de confecção de roupas: um estudo sobre o desempenho de um processo produtivo**. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 34., 2014, Curitiba. Anais do XXXIV Encontro Nacional em Engenharia de Produção. Curitiba: Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2014.

PEREIRA, J. A.; DE CARVALHO, J. S.; DOS SANTOS, R. H. **As dificuldades do gestor de produção na indústria de confecções: um estudo em uma empresa de médio porte da cidade de Maringá-PR**. Produto & Produção, v. 16, n. 1, 2015.

PERGHER, I.; VACCARO, G. L.; PRADELLA, M. **Aplicação da simulação computacional para determinar a capacidade produtiva do processo de produção de pães: um estudo de caso**. Produto & Produção, v. 14, n. 1, 2013.

PIACENTINI, C. F. et al. **Utilização da simulação computacional por eventos discretos e otimização para a programação da produção em uma empresa da indústria de plásticos**. Revista Produção Online, v. 22, n. 1, p. 2510-2545, 2022.

PRADO, D. **Usando o arena em simulação**. 5. ed. Rio de Janeiro: Falconi, 2014.

RAMOS, M. F. P. **Uso da simulação computacional para determinar a capacidade de produção: estudo de caso em uma confecção de fardamento no Agreste Pernambucano**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JUNIOR., N. J. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

TORRES, L. N. et al. **Desenvolvimento de um modelo de simulação no ARENA® visando o aumento da produtividade em uma usina de beneficiamento de minério de ferro**. Revista Produção Online, v. 21, n. 2, p. 576-608, 2021.

VIRGILLITO, S. B. **Estatística Aplicada**. São Paulo: Saraiva, 2017.