



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA  
CURSO: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**MOZAR FILIPE SILVA RAMOS**

**USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA DETERMINAR A CAPACIDADE  
DE PRODUÇÃO: Estudo de caso em uma confecção de fardamento no Agreste  
Pernambucano**

Caruaru  
2021

MOZAR FILIPE SILVA RAMOS

**USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA DETERMINAR A CAPACIDADE DE PRODUÇÃO: Estudo de caso em uma confecção de fardamento no agreste pernambucano**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade de Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

**Área de concentração:** Pesquisa Operacional.

**Orientador:** Prof. Dr. Isaac Pergher

Caruaru  
2021

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

R175u Ramos, Mozar Filipe Silva.

Uso da simulação computacional para determinar a capacidade de produção: Estudo de caso em uma confecção de fardamento no Agreste Pernambucano. / Mozar Filipe Silva Ramos. – 2021.

53 f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Isaac Pergher.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de produção, 2021.

Inclui Referências.

1. Simulação computacional. 2. Administração da produção. 3. Processo produtivo. I. Pergher, Isaac (Orientador). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-134)

MOZAR FILIPE SILVA RAMOS

**USO DA SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL PARA DETERMINAR A CAPACIDADE DE PRODUÇÃO: Estudo de caso em uma confecção de fardamento no Agreste Pernambucano**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado em: 27 de agosto de 2021

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Isaac Pergher (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Lucimário Goes de Oliveira Silva (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Walton Pereira Coutinho (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho a toda minha família que sempre me deu apoio durante a graduação e em especial aos meus pais que sempre fizeram de tudo e não mediram esforços para que continuasse com meus estudos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Maria Jose e Jose Marcos, que sempre me incentivaram a continuar com os estudos e que sempre me deram força para passar pelos momentos difíceis, que nesses momentos difíceis sempre se sacrificaram para que eu chegasse ate aqui.

Agradeço também a todos os amigos e colegas que de alguma forma fizeram parte dessa jornada. Aos amigos que fiz durante a graduação que estiveram junto todos os dias um ajudando o outro para conseguir conquistar nossos objetivos.

Agradeço aos professores que ao longo dos anos transmitiram seus conhecimentos para que estivesse apto a exercer o papel de engenheiro de produção.

Por último, mas não menos importante, agradeço todo o apoio e incentivo que Nataiane Florêncio, minha namorada, minha companheira, me deu em todos os momentos. Agradeço sua confiança em mim e quero dizer que o seu apoio foi fundamental para eu chegar ate aqui.

## RESUMO

O seguinte estudo propõe alternativas para o aumento da capacidade de produção de uma empresa confeccionadora de fardamentos através do uso da simulação computacional. O estudo de caso foi realizado em uma empresa localizada no agreste pernambucano, sendo esta especializada na confecção dos mais diversos tipos de fardamento. Contudo, o objeto de estudo foi um único produto: calças de tecido tipo brim. Neste trabalho foram propostas 3 opções de aumento da capacidade de produção sendo avaliados o tempo de permanência dos produtos no sistema e o investimento com salários dos operadores. Os 3 cenários foram feitos com uso do software Promodel, realizando-se alterações no número de operadores e máquinas utilizadas sendo observado o impacto das alterações na quantidade final de peças produzidas por dia. Foi observado que o uso da simulação computacional se mostrou útil para a tomada de decisão, uma vez que todos cenários foram estudados antes de serem de fato implementado.

Palavras-chave: Capacidade de produção; Simulação computacional; Cenários.

## **ABSTRACT**

The following study proposes alternatives for increasing the production capacity of a uniform making company through the use of computer simulation. The case study was carried out in a company located in the rural region of Pernambuco, which specializes in making the most diverse types of uniforms. However, the object of study was a single product: denim fabric pants. In this work, 3 options for increasing the production capacity were proposed, evaluating the permanence time of the products in the system and the investment with operators' salaries. The 3 scenarios were made using the Promodel software, making changes in the number of operators and machines used, observing the impact of changes in the final quantity of parts produced per day. It was observed that the use of computer simulation proved to be useful for decision making, since all scenarios were studied before being actually implemented.

Keywords: Production capacity; Computer simulation; Scenarios.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Fluxograma do processo produtivo .....	32
Figura 2- Fluxo dos processos de costura .....	35

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Componentes da calça .....	33
Quadro 2 - Operações por costureira .....	34
Quadro 3 - Tempos Coletados.....	37
Quadro 4 - Resultado cenário A .....	42
Quadro 5 - Resultados cenário B.....	44
Quadro 6 - Resultados cenário C .....	45
Quadro 7 - Comparação entre os cenários.....	46
Quadro 8 - Comparação entre os cenários.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados utilizados para a simulação .....	38
Tabela 2 - Quantidade de Operadores e Máquinas.....	40
Tabela 3 - Distribuição das operações cenário A .....	42
Tabela 4 - Distribuição das operações cenário B .....	43
Tabela 5 - Distribuição das operações cenário C .....	44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>DESCRIÇÃO DO PROBLEMA</b>	<b>14</b>
<b>1.2</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>14</b>
<b>1.3</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
1.3.1	Objetivo geral	16
1.3.2	Objetivos específicos	16
<b>1.4</b>	<b>DELIMITAÇÃO DO ESTUDO</b>	<b>16</b>
<b>1.5</b>	<b>ESTRUTURA DO TRABALHO</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>19</b>
<b>2.1</b>	<b>FUNÇÃO PRODUÇÃO</b>	<b>19</b>
<b>2.2</b>	<b>CAPACIDADE</b>	<b>20</b>
2.2.1	Medida da capacidade	21
2.2.2	Custos das alternativas de capacidade	21
2.2.3	Planejamento de equipamento e mão-de-obra	22
<b>2.3</b>	<b>SISTEMAS DE INDICADORES DE DESEMPENHO</b>	<b>23</b>
<b>2.4</b>	<b>PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO</b>	<b>23</b>
<b>2.5</b>	<b>SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL</b>	<b>24</b>
2.5.1	Aplicação da simulação na indústria	26
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>TIPO DE PESQUISA</b>	<b>28</b>
<b>3.2</b>	<b>OBJETO DE ESTUDO</b>	<b>28</b>
<b>3.3</b>	<b>COLETA DE DADOS</b>	<b>28</b>
<b>3.4</b>	<b>ANÁLISE DOS DADOS</b>	<b>28</b>
<b>3.5</b>	<b>ETAPAS DO TRABALHO</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>DESCRIÇÃO DA EMPRESA</b>	<b>30</b>

<b>4.2</b>	<b>DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO .....</b>	<b>30</b>
<b>4.3</b>	<b>ANALISANDO ATIVIDADES DA COSTURA.....</b>	<b>33</b>
<b>5</b>	<b>SIMULAÇÃO .....</b>	<b>37</b>
<b>5.1</b>	<b>COLETA DE DADOS .....</b>	<b>37</b>
<b>5.2</b>	<b>MODELO PROMODEL .....</b>	<b>40</b>
<b>5.3</b>	<b>CENÁRIOS.....</b>	<b>41</b>
5.3.1	Cenário A.....	41
5.3.2	Cenário B.....	43
5.3.3	Cenário C .....	44
<b>6</b>	<b>ANÁLISE E RESULTADOS .....</b>	<b>46</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>49</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>50</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado está cada vez mais competitivo, tornando a disputa entre as organizações cada vez mais acirrada, sendo preciso adotar estratégias competitivas e elaborar planos de produção focados em manter ou melhorar a qualidade e reduzir os custos da produção. Porter (2004) afirma que para se atingir os resultados cada departamento de uma empresa acaba desenvolvendo uma estratégia seguindo o direcionamento do encarregado pelo setor. A junção das estratégias adotadas por cada departamento formula a estratégia geral da organização, e dificilmente esse será o caminho que permitirá que a empresa alcance os melhores resultados.

Diante de organizações com setores trabalhando individualmente para atingir seus objetivos, Costa et al. (2011) apresenta o conceito de alinhamento entre os setores colocando o objetivo principal da organização de uma forma central e trabalhando os setores em conjunto para atingir o desejado.

Para se alcançar as metas estabelecidas, as estratégias adotadas inicialmente precisam ser revisadas periodicamente para garantir que ainda estejam de acordo com o plano estabelecido e quando necessário realizar adequações. Cada modificação pode gerar altos custos como as paradas em uma linha de produção por exemplo, por isso o quanto mais certo a modificação for menor será o custo.

No campo de estudo da pesquisa operacional, a simulação computacional se encaixa nesse contexto permitindo a exploração de diversos cenários sem uma interferência real. Silva et al. (1998) define a simulação como uma representação da realidade, onde nela é possível alterar parâmetros e analisar os resultados sendo escolhido aquele que melhor se adequa para o estudo em questão, seu uso é recomendado para modelos que envolvem diversos períodos de tempo.

Neste sentido, o desenvolvimento de um projeto de simulação no âmbito da indústria de vestuário, mais especificamente na produção de fardamentos pode auxiliar na formação de novas células de produção, permitindo com ele observar qual será o fluxo percorrido pela matéria durante todo o processo ou prever em quais pontos será formado gargalos, proporcionando uma análise previa de todo o funcionamento do grupo.

## 1.1 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Este trabalho se concentra na determinação da capacidade produtiva de uma empresa que confecciona fardamentos, encontrando o número ideal de máquinas e operadores que sejam capazes de atender as demandas. Esse mercado de fardamentos apresenta produtos com diversas características e variados volumes, onde alguns pedidos necessitam da formação de grupos específicos de produção que sejam capazes de atender aos pedidos dos clientes.

O conhecimento e controle da capacidade de produção é importante, pois quando é conhecido o quanto é possível produzir se torna mais fácil realizar planejamentos visando atender as datas de entregas evitando atrasos e a formação de estoques desnecessários. Outro resultado é uma maior satisfação dos clientes que iram ter maior confiança para fazer novos pedidos.

O estudo se concentra em um dos produtos feitos na fábrica, calças do tecido tipo brim. Onde este tipo de produto sofre pequenas alterações entre os pedidos dos clientes, sendo na sua maioria, apenas bordados diferentes ou o número de bolsos. Com a alta demanda deste produto a empresa busca maneiras de aumentar sua capacidade de produção diminuindo os prazos de entrega para os clientes que atualmente pode chegar ate a 3 meses.

Diante do exposto, procura-se entender como a simulação computacional pode ser utilizada para determinar a capacidade produtiva em uma confecção, a fim de atender a demanda gerada pelos clientes.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A indústria de confecção de roupas possui um grande mercado tanto nacional como internacional. Tratando-se do nível nacional umas das regiões brasileiras que se destaca nesse segmento é o Nordeste, com o segundo maior polo têxtil do Brasil. Segundo dados da Agreste Tex (<https://agrestetex.fcem.com.br>), a região do agreste pernambucano já é a segunda maior produtora deste segmento no país com uma produção 44 vezes maior que a do estado do Rio Grande do Norte, que já foi referência neste setor.

Composto por aproximadamente 18.000 fábricas despostas em 23 cidades do agreste pernambucano este polo corresponde a 15% da produção nacional de peças de vestuário, gerando em torno de 140.000 empregos diretos e indiretos, movimentando uma quantia de R\$ 3,5 bilhões no ano de 2017, e de acordo dados do mesmo ano a indústria têxtil apresentou um crescimento de 3,5% enquanto o PIB nacional cresceu apenas em 1% (Agreste Tex, 2017). Todos os dados apresentados anteriormente demonstram o quão importante este setor é, não somente de uma forma local, mas sim nacional já que os seus números possuem grande representatividade no setor.

Empresas que atuam neste âmbito precisam atuar de forma organizada, principalmente quando se deseja alcançar grandes resultados. Com a execução das atividades de uma forma planejada é possível extrair os melhores resultados utilizando os 5 objetivos medidores de desempenho, esses objetivos são qualidade, rapidez, confiabilidade, flexibilidade e custo (Slack, Chambers e Johnston, 2002), esses objetivos são fundamentais para satisfazer a todos os stakeholders envolvidos.

Os objetivos de desempenho são fundamentais, mas nem sempre é possível se destacar em todos os objetivos isso pode depender muito do segmento da empresa, fazendo então necessário que a própria empresa conheça seus stakeholders e quais os objetivos que serão mais decisivos. Empresas de confecção de roupa podem estar mais focadas em fornecer qualidade e rapidez na entrega dos produtos, principalmente em empresas como a estudada neste trabalho onde seus clientes realizam pedidos com um volume variado e produtos que exigem processos diferentes para sua concepção.

Organizações que buscam atender a esses objetivos precisam estar sempre em busca de melhorias em todos os seus processos, e o custo de realizar experimentos na produção afim de encontrar melhores métodos de produção pode ser muito alto. A confecção de roupas pode possuir processos simples ou complexos que podem ser compartilhado entre diferentes produtos ou não por isso esse estudo visa demonstrar a importância de utilizar software computacional de simulação para realizar experimentos com o objetivo de encontrar o melhor cenário determinando todos os recursos que serão necessários, como a quantidade de máquinas, o número de funcionários e quanto tempo será preciso para sua conclusão.

Empresas que atuam neste mercado da confecção têxtil, trabalhando com fardamentos, deve ter total conhecimento do seu sistema de produção tendo sempre

em vista quais ações devem ser tomadas para que a produção possa atender melhor aos pedidos dos clientes, sempre cumprindo os prazos e possuindo flexibilidade para atender as solicitações extraordinárias.

Em um mercado tão competitivo onde cada parada irá ocorrer em altos custos o uso da simulação computacional aparece como alternativa para contornar tais custos. A simulação é uma representação de um modelo real onde nele é inserido variáveis que permitirão estudar possíveis cenários, gerando como saída resultados que seriam obtidos em um sistema real. Miyagi (2006) coloca a possibilidade de explorar alterações em um sistema de forma virtual sem ter consequências reais como uma das vantagens do uso da simulação possibilitando testar diversos parâmetros sem maiores despesas.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 Objetivo geral**

Utilizar a simulação computacional por eventos discretos para avaliar múltiplos cenários de capacidade produtiva para uma confecção de fardamentos.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

Este trabalho tem como objetivos específicos:

- Encontrar o número de máquinas para a produção que melhor satisfaça todas as condições necessárias.
- Indicar o número de colaboradores adequado.
- Estimar despesas para a implantação da configuração desejada.

### **1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO**

O foco deste trabalho está na confecção de vestuários, sendo mais preciso em fardamentos, a empresa estudada é especializada na fabricação de diversos modelos

de fardamentos onde eles podem ter um modelo de produção único ou compartilhar diversas operações tendo pequenas alterações. Para esse estudo foi analisado a confecção de calças em tecido brim, esse produto na maioria das vezes possui pequenas alterações entre os clientes, sendo em sua maioria apenas um bordado de diferença ou alteração no número de bolsos, o que não tem grandes consequências na produção da calça.

Este produto mesmo não tendo um alto volume de produção devido a sua complexidade é um dos poucos produtos que possui um fluxo contínuo de pedidos.

Com o intuito de apresentar meios da empresa melhor atender aos clientes este estudo analisa a capacidade produtiva deste item, analisando o número de máquinas necessários, quantidade de operadores e quais operações iram executar, isso sempre alinhado com a demanda que sofre alterações durante o ano de acordo com a necessidade do cliente. Além do número de operadores e máquinas é avaliado o custo que a empresa terá com operadores, retornando qual opção é mais vantajosa financeiramente.

Para a simulação computacional é utilizado o software Promodel 2016 versão estudante, a escolha deste programa se deu pelo fato de o mesmo ter sido apresentado durante a graduação e por ele possibilitar atender a todos os critérios necessários para a execução da simulação, com o mesmo apresentando meios de melhor analisar os resultados.

## **1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho foi estruturado da seguinte forma, no capítulo 2 será explanado sobre os conteúdos abordados durante este estudo sendo destacado conteúdos como função produção, capacidade, sistemas de indicadores de desempenho, programação da produção e simulação computacional.

No capítulo 3, está toda a metodologia utilizada para o trabalho, tanto o tipo da pesquisa como a análise dos dados. No capítulo 3 também é destacado qual foi o método de trabalho utilizado.

No capítulo seguinte é feita toda a descrição da empresa e do seu processo produtivo atual, onde é comentado as etapas antes da costura e mais detalhadamente a etapa da costura. Já o capítulo 5 é dedicado a parte da simulação, onde é descrito

como foi feito a coleta dos dados, o seu tratamento e o seu uso, neste capítulo também é descritos os cenários propostos com os após a simulação.

O sexto capítulo é dedicado a análise dos resultados, sendo comparado as saídas geradas nas simulações destacando os principais pontos de cada uma das propostas. No último capítulo é apresentado qual a proposta feita a empresa e quais vantagens foram observadas com o uso da simulação.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Este capítulo é dedicado a descrever os assuntos que foram abordados durante o estudo fazendo a revisão bibliográfica sobre os seguintes assuntos: mecanismo da função produção, produtividade e eficiência, capacidade de produção, sistemas de indicadores de desempenho, programação da produção e simulação computacional. A compreensão de tais assuntos ajuda na interpretação dos resultados obtidos.

### **2.1 FUNÇÃO PRODUÇÃO**

De acordo com Antunes et al. (2008) a função produção tem que ser vista em duas partes, função processo e função operações. Shingo (1996) explica função processos como todo o caminho que matéria percorre durante suas transformações, já função operações é interação do homem e máquinas durante os processos de transformação da matéria.

Com o entendimento da função produção nessas duas partes, é possível atingir melhores resultados na produção. Para Antunes et al. (2008), a função processos pode ser vista de 4 modos, o processamento ou fabricação da matéria, inspeção, transporte e a estocagem ou espera, já a função operações pode ser vista como o tempo gasto com preparação, ou seja, a execução das atividades que transformaram a matéria em produto final, transporte, inspeção e espera. Também é analisado através de folgas que podem ser aquelas que não são esperadas e aquelas que já são esperadas que ocorram. Ainda de acordo com Antunes et al. (2006), é através da função processo que se toma conhecimento de uma forma mais completa de todo o sistema produtivo, enquanto a função operações permite um maior detalhamento das partes.

Quando se busca melhores resultados, Shingo (1996) indica que entre a função processo e a função operação deve se dar prioridade a função processo, pois é nela que estará todas as informações relevantes aos procedimentos de fabricação. Com a melhoria de processos se consegue resultados que podem agregar mais valor para o produto como redução de custos por exemplo, e é também com a melhoria de processos que se chega a novos métodos que iram trazer benefícios para os métodos utilizados para realizar a transformação da matéria prima.

## 2.2 CAPACIDADE

Conhecer bem a própria capacidade é extremamente importante, o devido estudo sobre a capacidade disponibilizara informações relevantes para as organizações permitindo-as realizar o devido planejamento para melhor atender suas demandas. Slack et al. (2002) diz que para definir a capacidade de atendimento/produção é preciso levar em consideração uma escala de tempo, assim como todas as outras restrições que envolvem as operações, para definir o quanto é possível oferecer em um determinado período, por exemplo em uma jornada de trabalho de 8 horas.

A definição de capacidade de produção permite realizar previsões para melhor atender as demandas da organização, Slack et al. (2002) relata a importância de ter bem alinhado a capacidade de produção e a demanda, e segundo o mesmo as previsões devem ser realizadas visando o longo prazo assim como também o curto e médio prazo. As previsões de longo prazo permitirão uma melhor preparação para atender toda a demanda prevista, auxiliando nas tomadas de decisões a respeito da quantidade de máquinas e de mão de obra necessária. Já as de curto e médio prazo estarão se adaptando a todas as mudanças que ocorrerem. Ainda de acordo com Slack et al. (2002), é preciso encontrar o equilíbrio certo da capacidade de produção e não trabalhar com sua capacidade máxima, o que impedirá de lidar com eventualidades que ocorra durante o processo ou atenda modificações extraordinárias, assim como também não deve operar com uma capacidade muito reduzida o que implicará em baixa produção e altos custos. Slack et al. (2002) trás ainda que o planejamento e controle de capacidade afeta os objetivos de desempenho do custo, receitas, capital de giro, qualidade do produto, velocidade de resposta, confiabilidade e flexibilidade.

Para Moreira (2009), quanto maior a padronização das atividades realizadas na organização mais fácil será a medição da capacidade, em processos onde não existe procedimentos padrões normalmente demandam uma maior preparação de máquina onde os tempos são mais variáveis assim dificultando os cálculos de capacidade.

### 2.2.1 Medida da capacidade

Para Moreira (2009), a capacidade pode ser medida de dois modos e a escolha por qual irá depender do contexto em que a organização se encontra, a capacidade pode ser medida através da produção ou dos insumos.

Slack et al. (2002) nos diz que que processos padronizados possuem uma maior facilidade para se medir a capacidade de produção utilizando o volume como parâmetro para medição, já em processos que não existem essa padronização fica mais difícil determinar os volumes de produção devido as diversas variáveis atuando no sistema, sendo assim então medido a capacidade através dos insumos, uma forma de melhor esclarecer essa medição através dos insumos que Slack et al. (2002) apresenta é no exemplo dado dos hospitais onde ele diz a capacidade de leitos que o hospital tem disponível para atender aos pacientes, pois cada atendimento terá uma particularidade o tornando difícil de medir quanto tempo será gasto com o paciente.

Quando se faz um planejamento na pratica, pode ocorrer mudanças que alterem os resultados daquilo que foi planejado, Slack et al. (2002) fala em eficiência da capacidade para medir o quão o real está próximo ou diferente do planejado, essa eficiência é obtida da razão entre o resultado real e o planejado, representado na equação (1).

$$Eficiência = \frac{\text{volume de produção real}}{\text{capacidade planejada}} \quad (1)$$

E quando se deseja ter um aumento da capacidade para atender novas demandas segundo Moreira (2009) algumas alternativas são já deixar um espaço físico para expansão, utilizar a capacidade ociosa de alguns equipamentos ou até mesmo substituí-los por novos equipamento mais modernos de maior capacidade, utilizar técnicas de programação e controle da produção e aproveitar melhor o espaço através de redução dos estoques.

### 2.2.2 Custos das alternativas de capacidade

Moreira(2009) apresenta o conceito de ponto de equilíbrio para determinar o custo da produção, a ideia básica para esse conceito é encontrar a quantidade produzida que irá resultar em um lucro zero, e a partir desta informação já é sabido que com uma produção acima da quantidade determinada pelo ponto de equilíbrio a

organização passa a lucrar, já sendo um valor abaixo a organização passar a ter prejuízo, lembrando que este conceito é ideal para quando se trata da produção de um único produto ou semelhante pois os custos serão praticamente os mesmos. Ainda segundo Moreira (2009), para determinar o ponto de equilíbrio de forma certa é preciso considerar as receitas, custos e volume de produção, para os custos determinar quais são os fixos e quais são os custos variáveis.

### 2.2.3 Planejamento de equipamento e mão-de-obra

Lima et al. (2020) fala sobre a importância de conhecer bem o produto em que se trabalha sabendo tudo aquilo que é necessário para formar o produto final, saber toda a matéria que irá dar forma ao produto e suas quantidades. Lima et al. (2020) ainda comenta sobre uma ferramenta que serve de auxílio para conhecer o produto e saber quando irá ser preciso para atender a quantidade solicitada no pedido, o plano mestre de produção. No plano mestre de produção é descrito todos os itens e suas respectivas quantidades necessárias para atender ao pedido de determinado produto.

Para o planejamento da capacidade, o plano mestre de produção pode ser utilizado de auxílio para enxergar se a capacidade atual é suficiente para atender a demanda ou será preciso alguma intervenção que altera a atual capacidade produtiva. No exemplo que Lima et al. (2020) utiliza em algumas semana seria possível atender a demanda até com uma certa folga já em outras não seria possível pois a demanda ultrapassaria a capacidade de produção, tendo esse conhecimento previamente é possível já se planejar e elaborar as melhores estratégias que possa atender a demanda prevista.

Em Moreira (2009) é citado o cálculo para determinar o número de máquinas necessário para cada operação, onde para realizar esse cálculo é preciso conhecer as operações que serão executadas e os tempos que cada uma delas irá levar para ser concluída. Moreira (2009) ainda cita o fator eficiência que deve ser determinado para realização deste cálculo pois é sabido que as máquinas não ficam o tempo inteiro em operação, existem as paradas por quebras manutenção preventiva, trocas de setup entre outros motivos sendo então preciso determinar essa eficiência que correspondera ao tempo em que a máquina realmente estará sendo utilizada. A seguir

é mostrado na equação (2) para o cálculo da necessidade de máquinas para cada operação.

$$m = \frac{t N}{60 h e} = \frac{t(\text{min/operações}) N(\text{n}^\circ \text{operações})}{60 (\text{min/hora}) h(\text{horas/máquinas}) e(\text{eficiência})} \quad (2)$$

### 2.3 SISTEMAS DE INDICADORES DE DESEMPENHO

Com empresas enfrentando cada vez mais concorrência em mundo cada vez mais globalizado, cabe as organizações definir métodos para acompanhar, medir e gerenciar seus processos. Para Dias et al. (2007) é preciso medir para gerenciar, ele traz em seu estudo que os indicadores de desempenho servem de importante ferramenta para a tomada de decisões pois os indicadores iram mostrar como os processos estão atingindo as metas estabelecidas. Para avaliar o desempenho, é preciso a determinação de métricas que iram nortear os objetivos desejado pela direção e com o acompanhamento e gerenciamento dos indicadores é possível além de monitorar os resultados obtidos trabalhar com melhorias de performance (Santos et al., 2020).

Souza e Correa (2014) relatam que muitas organizações utilizam como indicador de desempenho principal, ou até mesmo o único, os indicadores financeiros avaliando os custos gerados para a empresa. O que pode fazer com que não seja levado em consideração a evolução de determinado processo. Araujo (2009) cita outros indicadores além do financeiro que devem ser levados em consideração, como a perspectiva dos clientes, perspectivas de processos críticos e perspectiva de aprendizado e crescimento, Araujo (2009) salienta que nem todos os indicadores devem ser sempre utilizados ou nem toda empresa deve ter altos índices em todas categorias isso irá depender do contexto em que a organização se encontra.

### 2.4 PROGRAMAÇÃO DA PRODUÇÃO

A programação da produção é utilizada para indicar todo o necessário para realizar a confecção dos produtos ou serviços prestados pela organização. Pedroso e

Correa (1996) tratam o planejamento, programação e controle da produção como importante instrumento para as decisões necessárias para a organização referente a produção indicando as todas necessidades para a execução do planejamento.

Diante da complexidade e do alto número de fatores envolvido no processo de planejamento, Martins et al. (2015) comenta sobre a divisão do planejamento em curto, médio e longo prazo, onde as metas para o curto e médio prazo são trabalhadas visando atingir aos objetivos do longo prazo. Ainda de acordo com o pensamento de Martins et al. (2015), a ordem de execução dos pedidos deve ser estabelecida de acordo com as prioridades da organização levando em consideração fatores como prazos para entrega, urgência, entre outros, mas sempre mantendo alinhado a capacidade produtiva com a demanda.

Quando se divide o planejamento em períodos de curto, médio e longo prazo é preciso durante o seu percurso realizar correções adequando a realidade ao plano, Pedroso e Correa (1996) citam inúmera variáveis como reprogramação de ordens de produção a pedido de clientes, variação nas capacidade de produção devido a faltas e quebra de maquinário, falta ou atraso de matéria-prima, necessidade de retrabalho ou ate mesmo necessidade de tempo pós produção.

No planejamento da produção é preciso pensar em como será executado todo o processo de dar a forma ao produto final, é preciso conhecer toda as etapas e os métodos utilizados durante a confecção, tendo conhecimento dos tempos necessários para a conclusão de cada tarefa vem a importante decisão de como será disposta a produção para evitar gargalos e realizar uma justa distribuição das atividades. Moreira (2009) explica que é preciso definir a quantidade de postos de trabalhos, onde em cada posto terá uma ou um conjunto de atividades respeitando o tempo disponível para produzir uma unidade.

## **2.5 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL**

A definição mais básica de simulação é que ela é um modelo que serve para representar situações reais. Vieira (2006) diz que simulação é utilizada como ferramenta para simular processos ou sistemas reais servindo de apoio para tomadas de decisões. Já Rossoni (2006) mostra que é preciso ter o conhecimento de modelagem quando se trabalha com simulação, pois segundo o mesmo a modelagem

é a montagem da representação da realidade enquanto a simulação é possibilidade de explorar diversos cenários para os modelos onde é feita alterações e identificado suas consequências.

Taha (2008) considera a simulação o segundo melhor procedimento, ficando atrás apenas da observação do sistema. Quando se fala em simulação, é preciso ter o conhecimento que existem dois tipos e saber qual o mais adequado para a situação de interesse, os tipos são modelos contínuos e modelos discretos. Segundo Taha (2008), os modelos contínuos são aqueles que sofrem alterações com o passar do tempo já os discretos sofrem modificações instantâneas em um certo momento e são sistemas que requerem um maior detalhamento (Costa e Paiva, 2018). Taha (2008) indica que os modelos discretos são utilizados prioritariamente em estudos que envolvem filas visando determinar as consequências de acordo com o tempo médio de espera e o comprimento das filas, nesse modelo as alterações são observadas com as entradas e saídas do sistema.

Toda ferramenta apresenta vantagens e desvantagens e com os simuladores computacionais não é diferente, Vieira (2006) apresenta como vantagens:

- A possibilidade de exploração de diversos cenários.
- Permite avaliar o comportamento do sistema no longo prazo em pouco tempo.
- Identificação das variáveis controláveis e as não controláveis e entender como elas influenciam o sistema.
- Confronta como o sistema realmente pode operar com como as pessoas pensam que ele vai operar.
- Permite realizar análise de sensibilidades.
- Serve de grande apoio para a tomada de decisões.

Ainda de acordo com Vieira (2006), a simulação computacional apresenta as seguintes desvantagens:

- O seu valor e tempo para desenvolvimento, a depender muito de como será captação dos dados.
- Pode gerar resultados equivocados caso seja utilizado inputs não adequados.
- A sua compreensão pode ser tornar complexa.
- O seu uso requer treinamento o que pode levar tempo.

Como citado acima por Vieira (2006), o apoio na tomada decisão é uma das vantagens do uso da simulação, Rossini (2006) descreve que a simulação apresenta essa importância na tomada de decisão por permitir a exploração de diversos cenários, enxergar como o sistema funcionaria sendo feita adição ou remoção de elementos e essa visão faz com que os decisores tenham mais dados que apoiem a escolha feita. Além de apoiar os decisores, a simulação também pode reduzir custos de implementar alterações nas linhas de produção pois com a simulação será possível antecipar as consequências das alterações realizadas isso tudo sem fazer nenhuma modificação física na produção, assim poupando os custos gerados enquanto se identifica as consequências das alterações realizadas.

### 2.5.1 Aplicação da simulação na indústria

Nesta seção será exemplificado o uso da simulação computacional na indústria. Müller et al. (2015) traz a aplicação da simulação computacional em uma indústria de alimentos embutidos, o intuito do estudo é explorar as possibilidades de aumentar a capacidade de produção.

No estudo são simulados dois cenários, um com alteração em um dos processos assim eliminando as filas de espera durante o processo e a outra possibilidade adicionar uma nova máquina que também evite esperas durante o processo. Ambos os processos atingem ao objetivo do estudo sendo o segundo o que apresenta uma maior capacidade de produção, no estudo foi possível observar a possibilidade de alterar a produção de maneira mais assertiva já que o uso da simulação indicou qual seria a melhor alteração e qual o resultado alcançado com tal alteração.

Um segundo exemplo do uso da simulação é ilustrado por Azevedo e Almeida (2019) onde eles trazem o uso do gráfico de balanceamento de operações (GBO) e a simulação computacional como meio de otimizar uma linha de produção. O objetivo do estudo é encontrar uma solução para a empresa se manter competitiva no mercado apesar da baixa da demanda, a solução encontrada foi a redução do número de operadores para reduzir os custos sem afetar a capacidade de produção.

Com o uso do GBO Azevedo e Almeida (2019) conseguem mapear todas as operações e eliminar aquelas que não agregam nenhum valor e por isso podem ser

eliminadas. Para determinar a ociosidade dos operadores é utilizado a simulação, onde a linha de produção é representada no simulador já com a eliminação das operações, com isso é observado que a maioria dos operadores esta com uma ocupação inferior a 70%, sendo que um bom número esta com ocupação inferior a 30% e outros dois operadores ficam sem atividade.

Nesse estudo fica evidente a possibilidade de melhorar a linha de produção reduzindo os custos com operador, com o novo balanceamento de produção proposto pelos autores é reduzido o número de funcionários na linha de produção de 44 para 26, fazendo com que a empresa tenha uma redução no custo do produto.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 TIPO DE PESQUISA**

Esta pesquisa está caracterizada como uma pesquisa quantitativa visto que faz uso da estatística para confirmar os seus resultados. Silva et al.(2014) classifica pesquisas quantitativas como aquelas que se tem a posse dos dados numéricos e existe um problema assim como teorias previas sobre o objeto de estudo.

No que tange aos objetivos, esta pesquisa é considerada exploratória, pois conforme Oliveira (2011) relata visa proporcionar familiaridade com o ambiente ou objeto de estudo.

Referente aos procedimentos técnicos é possível classificar este estudo como:

- **Estudo de caso:** procura estudar profunda e exaustivamente um ou poucos objetos, de modo que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

#### **3.2 OBJETO DE ESTUDO**

O objeto de estudo foi uma empresa de confecção de fardamentos localizada na cidade de Caruaru no agreste de Pernambuco, e os sujeitos de estudo foram o gerente geral e o analista de produção da empresa. Vergara (1998) define sujeito de estudo como aqueles que forneceram as informações necessárias para o estudo.

#### **3.3 COLETA DE DADOS**

Os dados foram coletados através de observação dos métodos utilizados na empresa, assim como da cronometragem das operações estudadas.

#### **3.4 ANÁLISE DOS DADOS**

Nesta pesquisa, os dados serão analisados de forma qualitativa. Segundo Alves e Silva (1992) a análise qualitativa é definida com algo que leve a pensar. A análise dos dados ocorrerá à luz dos conceitos do referencial teórico, visando determinar possíveis pontos de divergência, nos quais serão fundamentadas as sugestões de melhoria, atendendo deste modo, ao objetivo geral desta pesquisa.

### 3.5 ETAPAS DO TRABALHO

Para este trabalho foi escolhido utilizar o método de simulação para realização do estudo, onde a simulação é um meio para representar um cenário real. Através da simulação, é demonstrado possíveis alterações sem implicar em maiores custos.

Law e Kelton (1991) apresentam 10 passos a serem seguidos para a realização de um projeto de simulação, sendo eles:

- 1) **Formulação do problema e planejamento do estudo:** foi entendido qual a necessidade da empresa e assim identificado na simulação uma possibilidade para encontrar a solução.
- 2) **Coleta de dados e formulação do modelo:** Foi observado o processo produtivo para entender seu funcionamento e realizado tomadas de tempos.
- 3) **Validação do modelo e dos dados coletados:** Nesta etapa os dados coletados foram testados através do teste de kolmogorov-smirnov, sendo determinado as distribuições mais adequadas.
- 4) **Elaboração do modelo computacional:** Para a elaboração do modelo foi utilizado o software Promodel para a realização da simulação.
- 5) **Realizar rodadas testes do modelo:** Foi executado análises para confirmar que o modelo criado está dentro do desejável.
- 6) **Validação da logica do modelo e das saídas geradas:** Aqui todas as saídas foram verificadas, os dados simulados foram comparados com os resultados reais.
- 7) **Elaboração dos cenários a serem testados:** Foi elaborado 3 cenários na busca de encontrar uma configuração que apresente melhor capacidade de produção que a atual.
- 8) **Fazer rodadas produtivas, gerando resultados:** Os cenários elaborados são executados e os seus dados coletados.
- 9) **Análise dos resultados gerados:** Dos cenários testados é observado o tempo médio no sistema, o número de máquinas e funcionários utilizado.
- 10) **Documentação e apresentação dos resultados obtidos:** Os dados gerados são documentados, sendo também utilizados nesse estudo.

## **4 ESTUDO DE CASO**

### **4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA**

O trabalho foi desenvolvido em uma empresa localizada na cidade de Caruaru no agreste pernambucano, se trata de uma empresa familiar que já existe há mais de 30 anos. Esta empresa sempre pertenceu ao ramo de confecção de vestuário tendo como produto principal a fabricação de fardamentos, atendendo a escolas e outras empresas.

Atualmente a empresa possui clientes em diversos locais do Brasil, confeccionando dos mais variados produtos do setor têxtil, como casacos, calças, bermudas, shorts, camisas polo, camisas sociais, pijamas, jalecos, tocas, coletes, entre outros. O quadro de funcionários da empresa é composto por aproximadamente 170 funcionários, onde sua maioria está localizada no chão de fábrica realizando os processos da costura, a empresa ainda possui setores de corte dos tecidos, estamparia, bordado, separação, preparação, ateliê, oficina, almoxarifado, estoque final, doca, programação e controle da produção (PCP), engenharia (processos) e setor administrativo.

O modelo de produção adotado é o puxado, ou seja, os pedidos dos clientes é que ditam a produção, evitando assim grandes estoques de produtos acabados, mas mantendo um estoque intermediários formado pela matéria prima ao sair do corte e ficarem aguardando ou o bordado, ou a estamparia ou ir diretamente para a costura.

O setor da engenharia ainda é recente na fábrica, o que faz com a que aconteçam muitas mudanças no dia a dia da organização, cada vez se estruturando melhor. A diretoria da empresa tem como objetivo oferecer um produto de qualidade com baixo custo de produção, trabalhando para melhor otimizar os processos sempre em busca dos objetivos da organização.

### **4.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO**

O processo produtivo é dividido em duas etapas, a primeira etapa é a do corte, preparação e separação. O setor do PCP (Programação e controle da produção) elabora a programação semanalmente para todos as células de costura da fábrica e

a partir desta programação os setores de separação e preparação já sabem em qual o momento o material será solicitado para a produção e as quantidades necessária a serem levadas, a programação depende da quantidade da matéria prima disponível em estoque e da urgência dos pedidos dos clientes. A primeira etapa é caracteriza pelos processos que antecedem a costura, deixando toda a matéria prima pronta para a etapa seguinte que se inicia na costura e finaliza na expedição.

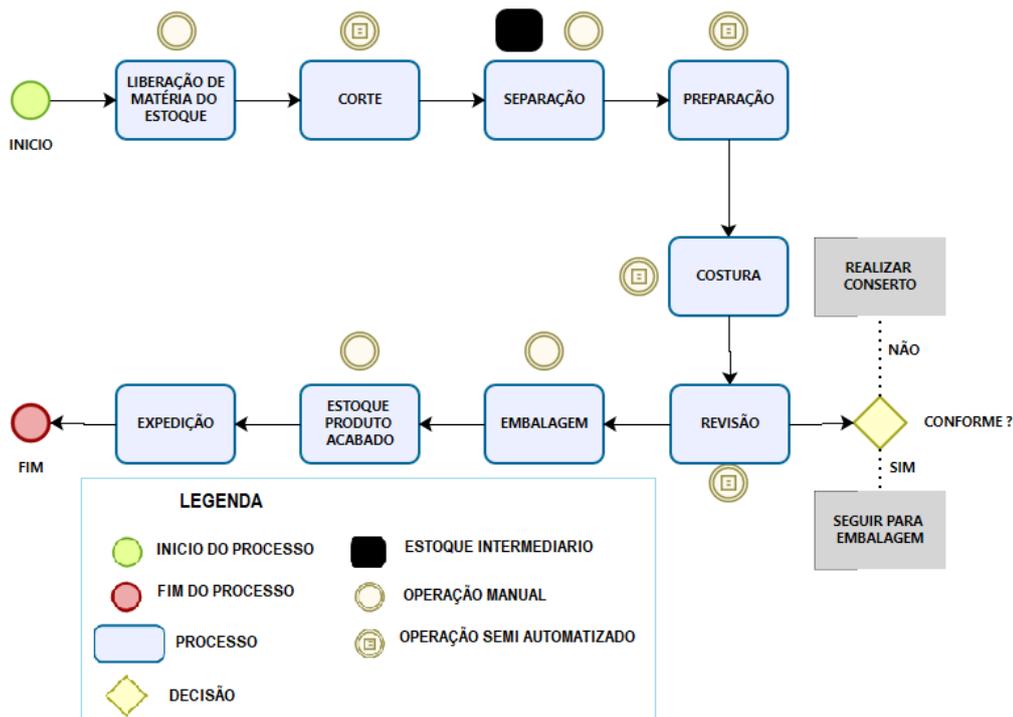
Neste primeiro momento os procedimentos são:

- **Separação no estoque:** A ordem de serviço chega ao almoxarifado onde será separado todo o material necessário para a produção do pedido. Sendo encaminhado para o setor do corte a quantidade necessária de tecido para completar o pedido, só é necessário o corte do tecido caso a quantidade disponível no estoque intermediário não seja suficiente.
- **Enfestar:** No setor do corte será realizado o enfesto do tecido, o método para enfestar dependerá da quantidade e disponibilidade de máquina e operador, assim como do tipo do material. Caso esteja disponível a máquina de enfestar, desde que o tipo do material permita, e a ordem de serviço seja de um grande número de peças, o enfesto será realizado com um único operador, caso contrário o enfesto ocorrerá de forma manual e utilizando dois operadores. É nesta etapa que é colocado a folha de corte onde estará determinado como será feito o corte do tecido.
- **Corte:** Ao ser concluído o enfesto o corte é realizado por 1 ou 2 operadores a depender da disponibilidade e da urgência da ordem de serviço.
- **Separação:** Depois de realizado o corte todo o tecido é enviado para a o setor de separação onde as folhas de tecido serão agrupadas de acordo com o tamanho e tonalidade, as partes que são compostas com bordado são enviadas para o setor do mesmo para ser realizado o bordado, retornando a separação formando os pacotes. Os pacotes são armazenados e enviados ao setor de preparação caso necessário, caso contrário é enviado direto para a costura.
- **Preparação:** Na preparação os itens que necessitam ser moldado ou que precisem ser colado entretelas, como bolsos e abas, são

processados. Os bolsos e abas passam por uma máquina específica que dá o formato necessário para facilitar a costura e resultar em um melhor acabamento no produto finalizado.

Todo o processo de enfestar e cortar dura geralmente entre 2 horas e 2 horas e 30 min, a depender da quantidade a ser cortada. Com isso a primeira etapa do processo produtivo está concluída, o material fica armazenado em prateleiras no próprio setor da separação aguardando a disponibilidade do setor de costura para enviar o material e assim dá início a segunda etapa do processo produtivo, a que irá culminar no produto final. Na figura 1 é observado o fluxograma que representa os processos.

Figura 1- Fluxograma do processo produtivo



Fonte: O Autor (2021)

De forma resumida todo o processo pode ser descrito da seguinte forma: inicia-se com o estoque liberando a quantidade de tecido necessário para o corte, em seguida é realizado todo o procedimento do corte, finalizado o corte se dá início a etapa de preparação dos pacotes e armazenagem aguardando o momento de ir para

a produção, chegado o momento da produção é adicionado aos pacotes os aviamentos precisos para a montagem da calça, da separação os tecidos que formaram os bolso e as abas são enviados para a preparação onde lá é dado o formato preciso a eles facilitando a costura e o restante do material é enviado para a costura, na costura será finalizada a transformação da matéria em calça, finalizada a costura cada calça é revisada detectando as não conformidades e solicitando o reparo, estando as peças conformes são enviadas para a embalagem, finalizado a embalagem são armazenado nos estoque aguardando a expedição.

### 4.3 ANALISANDO ATIVIDADES DA COSTURA

O produto alvo desse estudo, é uma calça em tecido brim, sendo compostas por bolsos do tipo faca, bolso relógio/porta moedas, bolsos traseiros e lateral mais aba e cadaço dentro do cós, este cadaço é adicionado durante o processo de embalagem. O quadro 1 apresenta todos os itens e suas quantidades que compõe a calça.

*Quadro 1 - Componentes da calça*

2 BOLSOS TIPO FACA
1 BOLSO PORTA RELÓGIO/PORTA MOEDAS
2 BOLSOS TRASEIROS COM ABA
1 BOLSO LATERAL COM ABA
1 ZÍPER DE METAL COM TRAVA
1 BOTÃO
ELÁSTICO
2 TIPOS DE LINHA
FIO
ETIQUETAS

*Fonte: O Autor (2020)*

Para atender a atual demanda são produzidas 210 calças por dia dividido em 6 ciclos de duração de 90 minutos, em cada ciclo a meta é produzir 35 calças. O primeiro passo para a transformação da matéria em calça após o corte é o bordado, neste modelo de produto geralmente é solicitado pelos clientes 2 bordados estando eles normalmente localizados um em um bolso traseiro e outro no bolso lateral.

Estando a etapa do bordado concluído os pacotes já estão prontos para serem enviados para o setor da costura, como já mencionando os bolsos e as abas são enviados para a preparação onde eles tomam os seus respectivos formatos facilitando assim a costura e contribuindo para uma maior qualidade do mesmo. A etapa de costura da calça é composta por 23 operações distribuídas para 7 costureiras, a célula dedicada a este produto é formado por 17 máquinas, sendo elas de 11 tipos diferentes e em alguns casos sendo requisitado aparelhos para adaptar a máquina ao processo.

*Quadro 2 - Operações por costureira*

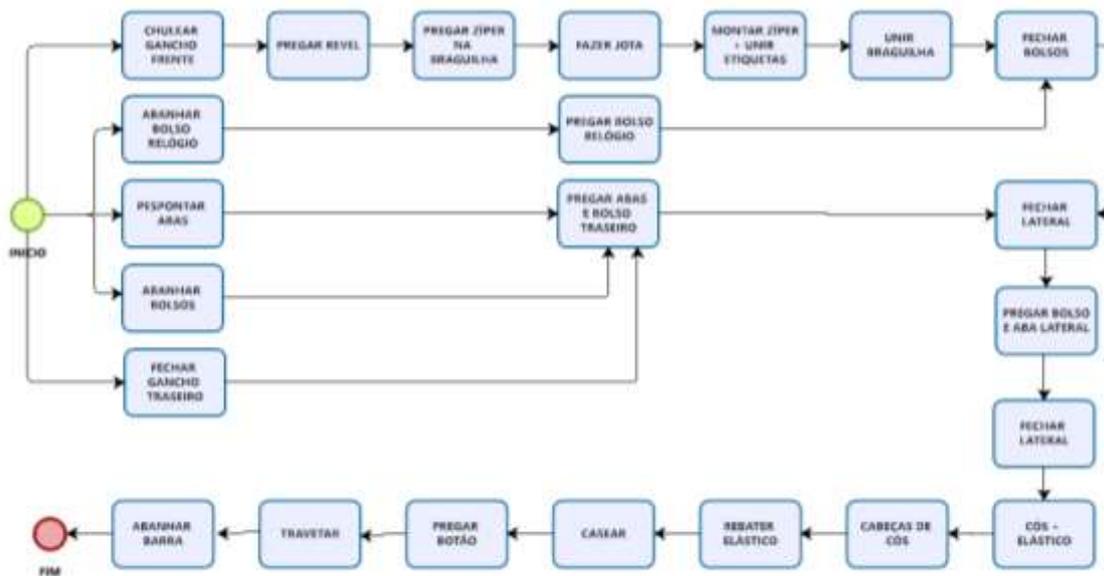
<b>COSTUREIRA 1</b>	PESPONTAR ABAS
	MONTAR ZÍPER+UNIR ETIQUETAS
	UNIR BRAGUILHA
	REBATER ELÁSTICO
<b>COSTUREIRA 2</b>	ABANHAR BOLSOS
	ABANHAR BOLSO RELÓGIO
	PREGAR BOLSO RELÓGIO
	PREGAR REVEL
	PREGAR ZÍPER NA BRAGUILHA
<b>COSTUREIRA 3</b>	CHULEAR GANCHO FRENTE
	FECHAR GANCHO TRASEIRO
	FAZER JOTA
	FECHAR LATERAL
<b>COSTUREIRA 4</b>	FECHAR BOLSOS
	FECHAR ENTREPERNAS
<b>COSTUREIRA 5</b>	PREGAR ABAS E BOLSOS TRASEIROS
	CÓS + ELÁSTICO
<b>COSTUREIRA 6</b>	PREGAR BOLSO E ABA LATERAL
	CABEÇA DE CÓS
<b>COSTUREIRA 7</b>	CASEAR
	PREGAR BOTÃO
	TRAVETAR
	ABANHAR BARRA

*Fonte: O Autor (2020)*

No quadro 2 é possível observar as operações que acontecem por costureiro, a distribuição do número de atividades realizadas não é igual devido aos diferentes tempos de cada operação. Além das 7 costureiras na célula de produção da calça,

também tem uma encarregada exclusiva para o setor, ela é responsável por disponibilizar para costureira todo material necessário para a execução de suas atividades, ela é a responsável por transportar para as operações seguintes os pacotes em que as costureiras não estão distribuídas em sequência e quando necessário desvirando a peça, sempre os colocando de uma forma que torne mais ágil a tarefa da costureira evitando assim que ela perca tempo arrumando o pacote para iniciar a costura. Na figura 2, a seguir, é apresentado o fluxo do processo da costura assim como as dependências de cada processo.

Figura 2- Fluxo dos processos de costura



Fonte: O Autor (2021)

Como já mencionado a etapa da costura é composta por 23 operações divididas entre 7 costureiras utilizando um total de 17 máquinas, a costureira 1 utiliza 3 máquinas, a costureira 2 utiliza 2 máquinas com ajuda de aparelho para adaptar a máquina para 1 operação, a costureira 3 utiliza 3 máquinas, já a costureira 4 necessita de apenas 1 máquina, a costureira 5 e 6 utilizam 2 máquinas cada, e a costureira 7 responsável pelas operações de finalização da calça trabalha com 4 máquinas. A operação de passar ferro nas abas e bolsos ocorre em um setor separado em máquina semiautomática. O setor responsável pela produção destas calças funciona em uma

jornada diária de 9 horas de trabalho da segunda-feira até quinta-feira, sendo na sexta-feira uma jornada de 8 horas, resultando em um total de 44 horas trabalhadas por semana.

## 5 SIMULAÇÃO

Nessa parte do estudo será descrito os métodos utilizados para a obtenção de dados importantes para a execução do estudo, assim como será apresentado cenários com melhorias para a empresa estudada. Os cenários a serem explorados foram executados com o auxílio do software ProModel em sua versão estudante.

### 5.1 COLETA DE DADOS

Os dados são todas as informações necessárias para a execução do estudo, são os parâmetros que alimentam o software de simulação afim de gerar resultados. Neste caso já se tem conhecimento de como funciona o processo produtivo e quantas máquinas são utilizadas atualmente sendo necessário a descoberta dos tempos gastos em cada atividade.

Para a obtenção dos tempos, foi feito a cronometragem das atividades, antes foi preciso observar os métodos utilizados com o intuito de determinar ciclos, sendo para isso preciso padronizar os movimentos ainda não determinados. Sendo os ciclos determinados do fim do movimento da agulha ate o fim da movimentação da agulha na próxima peça assim sendo englobado no tempo todas as atividades consideradas essenciais, como o pegar e descartar da peça, o posicionar e a própria costura realizada na máquina.

Quadro 3 - Tempos Coletados

OPERAÇÕES	TEMPO MÉDIO (SEGUNDOS)	NÚMERO DE TOMADAS
PESPONTAR ABAS	27,77	20
CHULEAR GANCHO FRETE	9,87	20
FECHAR GANCHO TRASEIRO	16,14	12
ABANHAR BOLSOS	22,46	19
ABANHAR BOLSO RELÓGIO	6,86	20
PREGAR BOLSO RELÓGIO	14,02	20
PREGAR REVEL	36,86	17
PREGAR ZÍPER NA BRAGUILHA	8,75	20
FAZER JOTA	27,00	10
MONTAR ZÍPER + UNIR ETIQUETAS	30,68	20

UNIR BRAGUILHA	33,96	12
FECHAR BOLSOS	56,15	16
PREGAR ABAS E BOLSOS TRASEIROS	84,73	11
FECHAR LATERAL	43,59	11
PREGAR BOLSO E ABA LATERAL	64,00	13
FECHAR ENTREPERNAS	50,14	11
CÓS +ELÁSTICO	34,7	18
CABEÇA DE CÓS	60,76	12
REBATER ELÁSTICO	19,83	17
CASEAR	12,84	17
PREGAR BOTÃO	6,09	17
TRAVETAR	63,72	10
ABANHAR BARRA	38,38	11

Fonte: O Autor (2020)

Foram então coletados até 20 tempos de cada operação, e em cada operação foi realizado o teste de kolmogorov-smirnov (Frey,2018) para fazer os ajustes nos dados e determinar as distribuições mais adequadas para cada um.

Para o interesse do estudo, se faz necessária apenas os tempos do setor da costura pois as operações que envolvem os setores do corte e da separação são realizadas com bastante antecedência, ficando para este tipo de produto um estoque de matéria pronta para a produção e os aviamentos sendo separados de acordo com a programação passada pelo setor do PCP. Já no setor de preparação, onde os bolsos e abas são processados facilitando o processo da costura, atualmente não trabalham com sua capacidade total sendo possível eles processarem mais bolsos e abas em muito mais peças que o setor da costura consegue produzir, sendo assim a máquina não é utilizada o dia inteiro. Na tabela 1 será apresentado as medias e desvios padrões adotados para a simulação, assim como a distribuição utilizada e a probabilidade do modelo não ser ruim.

Tabela 1 – Dados utilizados para a simulação

<b>OPERAÇÕES</b>	<b>DISTRIBUIÇÃO</b>	<b>TEMPO MEDIO</b>	<b>DESvio PADRÃO</b>	<b>PROBABILIDADE DO MODELO NÃO SER RUIM</b>
PESPONTAR ABAS	LOGNORMAL	3	0,0811	89,96%
CHULEAR GANCHO FRETE	LOGNORMAL	2	0,1163	33,55%

FECHAR GANCHO TRASEIRO	LOGNORMAL	3	0,0720	99,04%
ABANHAR BOLSOS	NORMAL	22,462	1,8874	96,79%
ABANHAR BOLSO RELÓGIO	LOGNORMAL	2	0,1489	98,65%
PREGAR BOLSO RELÓGIO	LOGNORMAL	3	0,1545	72,28%
PREGAR REVEL	NORMAL	36,857	3,5096	99,44%
PREGAR ZÍPER NA BRAGUILHA	LOGNORMAL	2	0,1194	97,41%
FAZER JOTA	LOGNORMAL	3	0,0543	95,65%
MONTAR ZÍPER + UNIR ETIQUETAS	NORMAL	30,681	3,135	75,81%
UNIR BRAGUILHA	LOGNORMAL	4	0,0735	83,11%
FECHAR BOLSOS	LOGNORMAL	4	0,0901	91,99%
PREGAR ABAS E BOLSOS TRASEIROS	NORMAL	84,725	5,645	58,74%
FECHAR LATERAL	LOGNORMAL	4	0,0705	33,03%
PREGAR BOLSO E ABA LATERAL	NORMAL	64,001	5,0064	92,76%
FECHAR ENTREPERNAS	NORMAL	50,138	3,594	95,34%
CÓS +ELÁSTICO	LOGNORMAL	4	0,0946	93,42%
CABEÇA DE CÓS	LOGNORMAL	4	0,0582	99,04%
REBATER ELÁSTICO	NORMAL	19,827	1,9389	98,87%
CASEAR	NORMAL	12,835	1,3088	28,92%
PREGAR BOTÃO	LOGNORMAL	2	0,2207	84,59%
TRAVETAR	NORMAL	63,717	2,1914	87,43%
ABANHAR BARRA	NORMAL	38,384	2,8398	72,17%

Fonte: O Autor (2021)

Afim de obter melhores resultados na produção foi explorado alterações no modelo atual de produção sendo modificado o número de costureiros trabalhando neste setor, alterando o número de máquinas utilizadas e refazendo o balanceamento da produção. Com tais alterações foi modelado 3 cenários, onde neles tivemos aumento de produção e redução no custo por costureiro na calça, desta forma possibilitando a empresa atender uma maior demanda e ter preços mais competitivos no mercado. Como já mencionado o modelo de produção adota é o puxado, ou seja, a produção irá depender dos pedidos feitos pelos clientes, mas o aumento na produção é justificado pois atualmente a empresa possui um fila de espera de clientes,

com o aumento na produção será possível oferecer entregas mais rápidas aumentando a satisfação dos clientes.

## 5.2 MODELO PROMODEL

O fluxo do processo adotado no modelo é o mesmo demonstrado na figura 2, onde cada costureiro fica responsável por um conjunto de operações. Na simulação essas operações foram divididas entre os operadores visando obter um maior número de calças produzidas permitindo assim a empresa atender uma maior demanda, somando-se ao objetivo de maior produção também está obter uma redução no custo da produção.

Nos modelos gerados no software, em todos eles, foi utilizada as distribuições apresentadas na tabela 1 sendo utilizados os respectivos desvios padrões e medias indicado em cada operação.

Nos cenários criados foi explorado o acréscimo e a redução de um operador dentro da célula de produção, assim como o acréscimo de uma máquina, sendo para todos os cenários refeito a distribuição das operações.

Foi possível explorar a possibilidade de ser adicionado mais uma máquina a produção pelas máquinas que a empresa possui atualmente e não estão sendo utilizadas para a produção de nenhum outro item. A necessidade de mais uma máquina para a produção se da pelo fato de que com a redistribuição das operações será preciso dividir algumas operações para dois operadores, fazendo então necessário a presença de duas máquinas que executem o mesmo processo.

*Tabela 2 - Quantidade de Operadores e Máquinas*

	QUANTIDADE DE OPERADORES	QUANTIDADE DE MÁQUINAS
CENÁRIO A	6	17
CENÁRIO B	7	18
CENÁRIO C	8	18

*Fonte: O Autor (2020)*

Como algumas operações possuem dependência é preciso que os costureiros já iniciem o dia de trabalho com peças prontas para serem executadas, ou seja, é preciso uma preparação para se iniciar a produção, ficando cada operador com um pacote preparado para a produção. Normalmente esse preparo só ocorre quando há troca de produto que será feito na célula, quando não existe essa troca a preparação é feita uma única vez no início do funcionamento da célula e não é preciso que ocorra mais, desde que a produção ocorra sem problemas, pois ao final de cada dia ficará peças preparadas para iniciar o próximo dia de produção.

### **5.3 CENÁRIOS**

Nesta seção será descrito os 3 cenários adotados para o estudo, descrevendo a quantidade de costureiros utilizados, a quantidade de máquinas necessária e distribuição de operações indicada para a situação, para cada um dos cenários foi calculado a razão salário médio dos costureiros e quantidade de calças produzidas para assim encontrar o quanto de salário dos costureiros é adicionado como despesa, foi utilizado o valor de R\$1.300,00 como valor médio para os cálculos. Posteriormente na seção seguinte será exposto uma comparação entre os modelos onde será possível identificar o que melhor atende as necessidades da empresa.

#### **5.3.1 Cenário A**

Para este cenário é mantido o número de máquinas, mas é feito uma redução no número de operadores indo de 7 para 6 fazendo uma redistribuição das atividades distribuindo-as de forma que os tempos totais de execução de cada operador fiquem mais próximos permitindo uma maior sincronia e evitando grandes gargalos, para isso foi dividido uma operação, cabeça de cós, para os operadores 3 e 4, não sendo preciso a adição de mais uma máquina pois a operação de abainhar a barra passa a ser feita pelo operador 2 que já utiliza a máquina necessária assim eliminado uma máquina mas com a divisão é preciso adicionar mais uma máquina para o operador 3 o que no fim resulta em número de máquinas igual ao já utilizado.

Tabela 3 - Distribuição das operações cenário A

<b>OPERADOR</b>	<b>OPERAÇÃO</b>
<b>OPERADOR 1</b>	Pespontar Abas
	Montar zíper + Unir Etiquetas
	Unir Braguilha
	Rebater Elástico
	Casear
<b>OPERADOR 2</b>	Abainhar Bolsos
	Abainhar Bolso Relógio
	Pregar Bolso Relógio
	Pregar Revel
	Pregar zíper na Braguilha
<b>OPERADOR 3</b>	Abainhar Barra
	Fechar Gancho Traseiro
	Fazer Jota
	Fechar Lateral
<b>OPERADOR 4</b>	<b>Cabeça de Cós</b>
	Fechar Bolsos
	Fechar Entrepernas
<b>OPERADOR 5</b>	<b>Cabeça de Cós</b>
	Chulear Gancho Frente
	Pregar Abas e Bolsos Traseiros
<b>OPERADOR 6</b>	Cós + Elástico
	Pregar Aba e Bolso Lateral
	Pregar Botão
	Travetar

Fonte: O Autor (2020)

Na tabela 3 está sendo mostrado a distribuição das atividades para cada operador, e no quadro 4 mostrando os resultados deste cenário. É possível observar que neste cenário houve um aumento na capacidade de produção mesmo com a redução de um operador.

Quadro 4 - Resultado cenário A

<b>Número de operadores</b>	6
<b>Número de máquinas</b>	17
<b>Capacidade de produção (por dia)</b>	223

Razão salário/calças	1,74
----------------------	------

Fonte: O Autor (2021)

### 5.3.2 Cenário B

Para o cenário B é adicionado mais uma máquina e é mantido o número de operadoras, realizando uma nova distribuição das operações distribuindo as 23 operações para as 7 costureiras. Para isso foi dividido duas operações, ficando o pregar abas e bolsos traseiros com a operador 2 e operador 5, sendo o operador 5 responsável por fazer a maior parte, e a operação pregar aba e bolso lateral foi dividida entre o operador 3 e o operador 6 sendo o operador 6 responsável por fazer a grande maioria das peças.

Tabela 4 - Distribuição das operações cenário B

OPERADOR	OPERAÇÃO
OPERADOR 1	Pespontar Abas
	Montar Zíper + Unir Etiquetas
	Unir Braguilha
	Rebater Elástico
OPERADOR 2	Abanhar Bolsos
	Abainhar Bolso Relógio
	Pregar Bolso Relógio
	Pregar Revel
	Pregar Zíper na Braguilha
<b>Pregar Abas e Bolsos Traseiros</b>	
OPERADOR 3	Chulear Gancho Frente
	Fechar Gancho Traseiro
	Fazer Jota
	Fechar Lateral
<b>Pregar Aba e Bolso Lateral</b>	
OPERADOR 4	Fechar Bolsos
	Fechar Entrepernas
OPERADOR 5	<b>Pregar Abas e Bolsos Traseiros</b>
	Cós + Elástico
	Casear
OPERADOR 6	<b>Pregar Aba e Bolso Lateral</b>
	Cabeça de Cós
OPERADOR 7	Pregar Botão
	Travetar
	Abainhar Barra

*Fonte: O Autor (2020)*

Neste cenário, como é possível observar no quadro 5, a adição de uma máquina apresentou melhora significativa na capacidade de produção, pois aumentou o número de peças produzidas.

*Quadro 5 - Resultados cenário B*

<b>Número de operadores</b>	7
<b>Número de máquinas</b>	18
<b>capacidade de produção (por dia)</b>	248
<b>Razão salário/calças</b>	1,83

*Fonte: O Autor (2021)*

Comparado os resultados do cenário A com do cenário B é visto que o cenário A em termos de capacidade de produção não se mostra uma opção atrativa, porem comparando esses mesmos cenários a segunda opção ficou em desvantagem por apresentar um maior valor para sua execução.

### 5.3.3 Cenário C

No cenário C é testada a hipótese de se trabalhar com 8 operadores utilizando 18 máquinas, neste cenário não necessita da divisão de uma mesma operação para 2 operadores. Neste cenário foi adicionando 1 máquina para possibilitar a distribuição das 23 operações para os 8 costureiros com um tempo de ciclo próximo evitando assim grandes gargalos.

Nesta hipótese testada as atividades foram divididas para todos os operadores, o número de operações não é igual entre os costureiros, exemplo está no segundo operador que a ele foi destinado 5 operações, mas buscou-se aproximar os tempos de ciclos de todos operadores.

*Tabela 5 - Distribuição das operações cenário C*

<b>OPERADOR</b>	<b>OPERAÇÃO</b>
	Pespontar Abas
<b>OPERADOR 1</b>	Montar Zíper + Unir Etiquetas Unir Braguilha

<b>OPERADOR 2</b>	Abanhar Bolsos Abainhar Bolso Relógio Pregar Bolso Relógio Pregar Revel Pregar Zíper na Braguilha
<b>OPERADOR 3</b>	Fazer Jota Cabeça de Cós
<b>OPERADOR 4</b>	Fechar Bolsos Fechar Entrepernas
<b>OPERADOR 5</b>	Fechar Gancho Traseiro Pregar Abas e Bolsos Traseiros
<b>OPERADOR 6</b>	Fechar Latera Pregar Aba e Bolso Lateral
<b>OPERADOR 7</b>	Chulear Gancho Frente Casear Pregar Botão Travetar
<b>OPERADOR 8</b>	Cós + Elástico Rebater Elástico Abainhar Barra

*Fonte: O Autor (2020)*

*Quadro 6 - Resultados cenário C*

<b>Número de operadores</b>	8
<b>Número de máquinas</b>	18
<b>capacidade de produção (por dia)</b>	315
<b>Razão salário/calças</b>	1,65

*Fonte: O Autor (2020)*

Neste cenário é visto no quadro 6 que houve um aumento considerado da capacidade de produção, chegando a atingir 315 calças por dia e tendo uma redução no gasto salário de operador por calças.

Nos 3 cenários foi realizado 20 repetições de 8,8 horas trabalhada por dia, o que corresponde a 4 semanas completas trabalhada em uma jornada de 44 horas semanais.

## 6 ANÁLISE E RESULTADOS

Nesta seção será discutido os resultados de cada cenário, expondo os resultados obtidos e comparando-os entre si para concluir qual a melhor alternativa para empresa. Nesta análise foi feita a comparação entre as quantidades de peças produzidas e a despesa com salário de costureiros por peça produzida.

*Quadro 7 - Comparação entre os cenários*

	<b>Cenário A</b>	<b>Cenário B</b>	<b>Cenário C</b>
<b>Número de operadores</b>	6	7	8
<b>Número de máquinas</b>	17	18	18
<b>Capacidade de produção (por dia)</b>	223	248	315
<b>Custo (salário) por calça</b>	1,74	1,83	1,65

*Fonte: O Autor (2021)*

No quadro 7 é observado que apenas o acréscimo de uma máquina com a nova redistribuição das atividades, cenário B, resultou em um aumento da capacidade de produção porém foi a opção que apresentou o maior valor gasto com salários dentre as 3 opções testadas. Já no cenário A onde foi refeita a distribuição das atividades para que fosse possível uma otimização da célula diminuído o número de operadores de 7 para 6, diferente do cenário B só foi preciso dividir uma operação para dois costureiros já que no cenário B foi preciso dividir 2 operações, em relação ao número de máquinas, no cenário A foi feita apenas a troca de uma máquina para que fosse possível utilizar a distribuição das atividades escolhidas já no cenário B foi preciso a adição de uma máquina, esta opção se mostrou próxima aos resultados atuais. O cenário C apresentou os melhores resultados, olhando-se para a capacidade de produção e a despesa de salário por calça.

Trabalhando-se com a ideia de adicionar um costureiro ao cenário atual e o acréscimo de uma máquina para atender a uma nova distribuição das operações, sem a necessidade de dividir nenhuma operação foi obtido o acréscimo na capacidade de produção de 50%. O objetivo com o acréscimo de uma máquina e de um operador foi diminuir o tempo para a execução de todas as atividades em um pacote com 35 peças que atualmente gira em torno de 90 minutos, com este novo operador o tempo para

conclusão deste pacote diminui para aproximadamente 60 minutos o que permitiu um maior volume de produção.

No cenário B também foi observado um acréscimo na capacidade de produção sem a necessidade de se adicionar um novo operador, mas esse crescimento da produção não foi o suficiente para tornar essa opção atrativa quando analisado o valor que será dedicado com os salários dos operadores, pois esta é a alternativa que resulta em uma razão maior. O quadro 8 apresenta um resumo da comparação entre os 3 cenários.

*Quadro 8 - Comparação entre os cenários*

<b>CENÁRIO A</b>	<b>CENÁRIO B</b>	<b>CENÁRIO C</b>
Em termos de capacidade de produção esta opção é a menos vantajosa por apresentar apenas 6,19% de aumento aproximadamente.	Nesta opção consegue um melhor proveito se tratando apenas de capacidade de produção conseguindo um aumento em torno de 18,09% da sua produção atual.	No quesito aumento de produção esta opção gera um aumento de 50,0%, sendo esse o maior das 3 opções testadas.
O tempo médio que o produto fica no sistema é de 49,74 min	Nesta opção não é observada uma grande diferença de permanência no sistema, sendo de 48,77 min em média.	Aqui na opção é encontrada o menor período médio de permanência no sistema, ficando em torno de 32,84 min.
Na utilização das máquinas nesta opção é encontrada a menor taxa, sendo a ociosidade média de 28,03%.	Já esta opção apresenta uma ociosidade das máquinas de 40,97% do tempo.	Apesar de apresentar o maior aumento na capacidade de produção, também apresenta a maior ociosidade das máquinas sendo em média 47,68%.

*Fonte: O autor (2021)*

É levado em consideração 3 fatores para avaliar cada opção simulada, a capacidade de produção, o tempo de permanência no sistema e a ociosidade de máquinas. A ociosidade de máquinas é um fator importante a ser levado em consideração pois o tempo de setup não possibilita uma troca rápida sendo preciso deixar o maquinário exclusivo para a produção para se ter a maior eficiência no

números de peças produzidas no dia, no momento o aumento da capacidade de produção tem um maior peso para a direção da empresa.

Dentre as 3 possibilidades exploradas durante esse estudo é indicado para a empresa que está almejando um aumento na capacidade de produção de calças com o objetivo de atender a demanda atual em um menor prazo do que consegue atualmente o cenário C sendo nele o que resultará em um maior número de peças feitas por dia com o menor razão salário por peça produzida.

Para comprovar os resultados diferentes entre os 3 cenários foi utilizado o software Minitab 19, sendo cogitado dois testes para avaliar os resultados, o teste do ANOVA e o teste kruskal-wallis.

Dois critérios foram avaliados, tempo de permanência no sistema e quantidade de peças produzidas. Como as amostras dos critérios não apresentaram normalidade estatística foi utilizado o teste kruskal-wallis por ser o recomendado em análises com dados não paramétricos. Nos dois critérios o valor p obtido foi menor que 0,05 o que resulta em um nível de significância menor que 5%, assim confirmando a diferença entre os resultados obtidos nos 3 cenários.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve o intuito de fornecer possibilidades que permitissem o aumento da capacidade de produção em uma confecção de calças de fardamento, visto que os prazos para entrega aos clientes estavam se tornando cada vez maior, já que a demanda por calças está maior que a capacidade de produção atual da empresa. Foi feito o uso de software de simulação computacional para explorar alternativas que cheguem a um resultado considerado satisfatório.

Através da cronometragem se obteve os tempos que serviram de base para a criação de alternativas a ser explorada na simulação, foi então proposto 3 alternativas que resultaram em aumento da capacidade de produção. Na seção 4.3 é descrito a atual capacidade de produção assim como o número de máquinas e operadores utilizados, e olhando para o quando 7 é visto que os cenários testados apresentaram melhorias em relação a capacidade de produção.

Para se colocar em pratica a melhor opção das alternativas propostas, cenário c, será preciso a adição de mais 1 máquina e 1 operador assim conseguindo um aumento de 50% da atual capacidade de produção.

No quadro 8 é feito um comparativo entre os 3 cenários sendo destacado o aumento da capacidade de produção, o tempo médio no sistema e a ociosidade das máquinas, o cenário c escolhido como melhor alternativa por ser o que conseguiu o maior aumento da capacidade de produção também é o que apresenta maior ociosidades das máquinas, isto implica que mesmo essa sendo a melhor alternativa entre as 3 ainda é possível explorar outras possibilidades com resultados mais altos.

Por fim, o uso da simulação computacional nesse estudo se mostra uma ferramenta de grande valor no que se refere a tomadas de decisões. Com seu uso foi possível apresentar para a gerência e diretoria da empresa os resultados de cada alternativa diminuindo os riscos de realizar alterações na produção. Deixando em aberto a possibilidade de ser feito o uso da simulação computacional em outros produtos feitos na empresa, assim como em outros setores da empresa.

## REFERÊNCIAS

- PORTER, Michael E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**; tradução de Elizabeth Maria de pinho Braga – 2. ED., Rio de Janeiro: Elsevier, 2004. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=SxvCKIh706gC&oi=fnd&pg=PR15&dq=estrat%C3%A9gia&ots=sW4VO73REg&sig=0VoTI4ldYMRZFO4BiSUFA1URW9E#v=onepage&q=estrat%C3%A9gia&f=false>. Acesso em: 23 ago. 2020.
- SILVA, Ermes Medeiros *et al.* **Pesquisa operacional**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1998.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ª. ed. São Paulo: Atlas S. A., 2002.
- AGRESTE TEX. Disponível em: <https://agrestetex.fcem.com.br/entenda-a-influencia-do-polo-textil-no-agreste-pernambucano/>. Acesso em: 14 de mai. 2020.
- MIYAGI, P. E. **Introdução a simulação discreta**. São Paulo: USP/Poli, 2006. Apostila de Mecatrônica.
- ANTUNES, Junico *et al.* **Sistemas de Produção: Conceitos e Práticas para Projeto e Gestão da Produção Enxuta**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- SHINGO, Shigeo. **O Sistema Toyota de produção: do ponto de vista de engenharia de produção**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operações**. 2ª. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- LIMA, J. A. S. et al. **Aplicação do modelo MRP para o gerenciamento para a capacidade produtiva em uma metalúrgica**. XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_342\\_1752\\_40900.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_342_1752_40900.pdf). Acessado em: 27 de março de 2021.
- ARAUJO, LUIS CÉSAR G. DE. **Organização, Sistemas e Métodos e as Tecnologias da Gestão Organizacional**. Vol. 1, 4ª. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2009.
- DIAS, SERGIO LUIS VAZ. **Alinhamento entre sistemas de produção, custos e indicadores de desempenho: um estudo de caso**. Revista Produção Online, vol. 7, ago. 2007.
- Souza, Antonia Egídia, Correa, Hamilton Luiz. **INDICADORES DE DESEMPENHO EM PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS**. Revista Pensamento Contemporâneo em Administração [en linea]. 2014, 8 (3), 118-136. ISSN:. Disponível em:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=441742854009>. Acessado em: 05 de abril de 2021.

SANTOS, PEDRO VIEIRA SOUZA et al. **Avaliação da eficiência em operações de vinícolas brasileiras e portuguesas**. XL Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil, 20 a 23 de outubro de 2020. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STO\\_347\\_1782\\_41179.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_347_1782_41179.pdf). Acessado em: 05 de abril de 2021.

MARTINS, DANIEL ABRAHAO et al. **Estrutura e procedimento para uso integrado de softwares de programação da produção e de simulação em atividades de ensino**. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Fortaleza, Ceará, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2015. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_215\\_270\\_28141.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_215_270_28141.pdf). Acessado em: 11 de abril de 2021.

PEDROSO, MARCELO CALDEIRA; CORREA, HENRIQUE LUIZ. **Sistemas de programação da produção com capacidade finita: uma decisão estratégica?**. Rev. adm. empres., São Paulo, v. 36, n. 4, p. 00, Dec. 1996. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75901996000400007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75901996000400007&lng=en&nrm=iso). Acessado em 11 de abril de 2021.

COSTA, KAREM TAMIREZ ALVES DA; PAIVA, LEANDRO. **A aplicação do software promodel para a simulação de filas de um supermercado varejista**. XXXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Maceió, Alagoas, Brasil, 16 a 19 de outubro de 2018. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN\\_STP\\_263\\_512\\_36113.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_263_512_36113.pdf). Acessado em: 11 de abril de 2021.

VIEIRA, GUILHERME ERNANI. **Uma revisão sobre aplicação de simulação computacional em processos industriais**. XIII SIMPEP. Bauru, São Paulo, Brasil. 6 a 8 de novembro de 2006. Disponível em: [https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais\\_13/artigos/676.pdf](https://simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/676.pdf). Acessado em: 11 de abril de 2021.

ROSSINI, LUCIANO. **Modelagem e simulação soft em estratégias**. Revista Produção Online. Vol. 6, ago de 2006.

TAHA, HAMDY A. **Pesquisa operacional**. 8ª ed. São Paulo: Pearson Prentice hall, 2008.

COSTA, GEORGE SILVA et al. **Aplicação de um modelo de alinhamento estratégico em construtoras cearenses.** XXXI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil, 4 a 7 de outubro de 2011. Disponível em: [http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011\\_TN\\_STP\\_141\\_891\\_18941.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STP_141_891_18941.pdf). Acessado em: 23 de abril de 2021.

MÜLLER, MAURICIO DA CUNHA et al. **Simulação computacional discreta em uma linha de produção de alimentos embutidos.** Tecno-lógica (Santa Cruz do Sul), 01 July 2015, Vol.19(2), pp.49-56. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/tecnologica/article/view/5841>. Acessado em: 24 de julho de 2021.

AZEVEDO, M. M.; ALMEIDA, E. S. **Balanceamento de uma linha de manufatura integrando análise gbo e simulação computacional: estudo de caso em uma empresa de linha branca.** GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, Ano 15, nº 1, jan-mar/2019, p. 210-230. Disponível em: <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/2109/pdf>. Acessado em: 24 de julho de 2021.

Law, A.M. and Kelton, W.D. (1991) **Simulation Modelling and Analysis.** 2nd Edition, McGraw-Hill, New York.

Silva, Dirceu da et al. **Pesquisa quantitativa: Elementos, paradigmas e definições.** Revista de Gestão e Secretariado - GeSec, São Paulo, v. 5, n. 1, p 01-18, jan./abr. 2014. Disponível em: [https://www.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/297/pdf\\_36](https://www.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/297/pdf_36). Acessado em: 14 de agosto de 2021.

Oliveira, Maxwell Ferreira de. **Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração.** Catalão: UFG, 2011. 72 p.: il. Disponível em: [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual\\_de\\_metodologia\\_cientifica\\_-\\_Prof\\_Maxwell.pdf](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf). Acessado em: 14 de agosto de 2021.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração.** 2ª. ed. São Paulo: Atlas S.A., 1998.

Alves, Z. M. M. Biasoli; Silva, M. H. G. F. Dias da. **Análise qualitativa de dados de entrevista: uma proposta.** Paidéia, FFCLRP – USP, Rib. Petro, 2, Fev/Jul, 1992. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/paideia/a/yKQmzXgZMrdhBCMkdbYvJYj/?lang=pt&format=pdf>. Acessado em: 14 de agosto de 2021.

Frey, B. (2018). **The SAGE encyclopedia of educational research, measurement, and evaluation** (Vols. 1-4). Thousand Oaks,, CA: SAGE Publications, Inc. doi: 10.4135/9781506326139