

Sistema FIEB



PELO FUTURO DA INOVAÇÃO

CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU
GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL

Mozara Spencer Guerreiro

**FERRAMENTAS *LEAN* ALAVANCANDO A PRODUTIVIDADE: ESTUDO
DE CASO NA CONFECÇÃO DE MÁSCARAS CIRÚRGICAS EM
SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA**

Dissertação de Mestrado

Salvador, 2021

MOZARA SPENCER GUERREIRO

FERRAMENTAS *LEAN* ALAVANCANDO A PRODUTIVIDADE: ESTUDO DE CASO NA CONFEÇÃO DE MÁSCARAS CIRÚRGICAS EM SITUAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em GESTÃO E TECNOLOGIA INDUSTRIAL.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Uchoa

Salvador, 2021

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Centro Universitário SENAI CIMATEC

G934f Guerreiro, Mozara Spencer

Ferramentas lean alavancando a produtividade: estudo de caso na confecção de máscaras cirúrgicas em situação de emergência / Mozara Spencer Guerreiro – Salvador, 2021.

80 f. : il. color.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Uchoa Passos.

Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2021.
Inclui referências.

1. Fábrica de campanha. 2. Ferramentas *lean*. 3. Produção em situações de emergência. 4. Mapeamento de riscos. 5. Critérios de flexibilização. I. Centro Universitário SENAI CIMATEC. II. Passos, Francisco Uchoa. III. Título.

CDD 658.5

NDI - 07

Sistema FIEB



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC

Mestrado Profissional em Gestão e Tecnologia Industrial

A Banca Examinadora, constituída pelos professores abaixo listados, aprova a Defesa de Mestrado, intitulada "Ferramentas Lean Alavancado a Produtividade: Estudo de Caso na Confecção de Máscara Cirúrgica em Situação de Emergência" apresentada no dia 01 de dezembro de 2021, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial.

Orientador:

DocuSigned by:
Francisco Uchoa Passos
8F7ED074058047D
Prof. Dr. Francisco Uchoa Passos
SENAI CIMATEC

Membro Interno:

DocuSigned by:
Aloisio Santos Nascimento Filho
865DFCA7FBE6433
Prof. Dr. Aloisio Santos Nascimento Filho
SENAI CIMATEC

Membro Externo:

DocuSigned by:
Alberto Xavier Pavim
737030DCAC884FA
Prof. Dr. Alberto Xavier Pavim
CNI

Este trabalho é dedicado aos meus pais, às minhas irmãs, ao meu esposo e aos meus filhos, que sempre estiveram ao meu lado com muito amor e carinho. Em especial, às pessoas que participaram, de alguma forma, da fábrica de máscaras do Senai MT, contribuindo para a realização da pesquisa desta dissertação.

Agradecimentos

Ao SENAI CIMATEC e ao Programa Gestão da Tecnologia Industrial (GETEC), pela oportunidade e apoio para a realização desta etapa de formação profissional.

A todos os professores do Programa Gestão de Tecnologia Industrial, pelo comprometimento e pela qualidade no processo de ensino-aprendizagem.

À Coordenação do Programa Gestão de Tecnologia Industrial, que sempre esteve presente nessa jornada, cuidando muito bem do calendário escolar, do relacionamento com os professores e da satisfação dos alunos.

Ao meu orientador Prof. Dr. Francisco Uchoa, pela determinação em construir um trabalho de excelência que propicie ao leitor um conhecimento objetivo sobre a questão estudada.

Em especial, agradeço ao Senai MT, em nome da nossa diretora regional Lélia Brun, que me oportunizou ingressar no curso, dando-me apoio para não desistir.

E aos meus colegas de mestrado, pelo companheirismo e dedicação conjunta em muitos momentos.

Resumo

Em dezembro de 2019, o mundo foi acometido por um vírus que era desconhecido pela humanidade, denominado SARS-CoV-2 (covid-19), o qual surgiu na cidade de Wuhan, na China. No Brasil, o primeiro caso foi detectado no mês de fevereiro de 2020 e, em março, Mato Grosso registrou oficialmente a primeira incidência de pessoa infectada. Nesse mesmo período, começaram a faltar Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) nos hospitais e muitos fornecedores não tinham materiais para o reabastecimento. Diante desse cenário, o Governo do Estado de Mato Grosso, por meio da Secretaria Estadual de Saúde, buscou uma solução para mitigar o problema da falta de máscaras de proteção facial descartáveis, surgindo, assim, a parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Estado de Mato Grosso (Senai MT). O Senai Cuiabá, que, até então, desempenhava apenas a função de educação profissional, teve que se adaptar às novas necessidades e flexibilizar suas atividades. Em março de 2020, foi firmado um contrato que estabeleceu a produção e entrega parcelada, em até 180 dias, de 5 milhões de máscaras de proteção facial para distribuição a todos os hospitais estaduais do estado. Em três dias, o Senai Cuiabá reestruturou seu Centro de Eventos e fez nascer, naquele espaço, uma fábrica de produção (ou fábrica de campanha), cujo layout contou com a organização de 100 postos de trabalho e, por conseguinte, a contratação de 100 profissionais com noções básicas de costura. No decorrer do processo, foram agregados mais 250 postos de trabalho, por meio da contratação de faccionistas, com atuação home office. O Senai Cuiabá desenvolveu ainda toda a logística deste processo de produção: desenvolvimento do produto que foi aprovado pela Secretaria de Estado de Saúde; compra dos insumos; preparação do material a ser utilizado; distribuição do material para as costureiras; conferência da qualidade do produto; embalagem e entrega no destino. Entretanto, o prazo de entrega pactuado era muito pequeno devido à baixa produção diária de máscaras confeccionadas. Com o objetivo geral de mostrar como as ferramentas *lean* escolhidas alavancaram a produtividade na confecção de máscaras cirúrgicas em regime de emergência, foi mapeada a produção de máscaras no primeiro mês de atividade, possibilitando identificar os estágios críticos no processo de produção e implementar a adoção das ferramentas *lean manufacturing*, identificadas como as mais adequadas para promover as melhorias nos processos críticos. Com a aplicação dessas ferramentas, verificou-se um crescimento significativo na produção diária e mensal em relação ao mês de abril, confirmando que, ao alavancar a produtividade recorrendo a tais meios para a confecção de máscaras cirúrgicas, foi possível cumprir o prazo contratado, mesmo em se tratando de produção em regime de emergência.

Palavras-chave: Fábrica de campanha; Ferramentas *lean*; Produção em situações de emergência; Mapeamento de riscos; Critérios de flexibilização.

Lean tools leveraging productivity: a case study in the construction of surgical masks in an emergency situation

Abstract

In December 2019, the world was affected by a virus, which was unknown to humanity, called SARS-CoV-2 (covid-19), which emerged in the city of Wuhan, China. In Brazil, the first case was detected in February 2020, and in March Mato Grosso officially registered the first incidence of an infected person. During this same period, there was a lack of Personal Protective Equipment (PPE) in hospitals and many suppliers did not have materials for replenishment either. Given this scenario, the Government of the State of Mato Grosso, through the Health State Secretary, sought a solution to mitigate the problem of the lack of disposable facial protection masks, thus emerging the partnership with National Service of Industrial Apprenticeship in the Government of the State of Mato Grosso (Senai MT). Senai Cuiabá, which, until then, performed only the function of professional education, had to adapt to the new requirements and make its activities more flexible. In March 2020, a contract was signed that established the production and installment delivery, in up to 180 days of five million face protection masks for distribution to all state hospitals in the state. In three days, Senai Cuiabá restructured its Events Center and created in that space a production factory (or campaign factory), enabling the organization of one hundred work positions within the new layout and, therefore, hiring one hundred professionals with sewing skills. During the process, over 250 jobs were added, hiring seamstresses, with home office operations. Senai Cuiabá also developed all the logistics of this production process: product development, which was approved by the Health State Secretary; acquisition of inputs; preparation of the material to be used; distribution of material to the seamstresses; product quality control; packaging and delivery at destination. With the general objective of showing how the chosen lean tools leveraged productivity in the manufacture of surgical masks in an emergency regime, the production of masks in the first month of activity was mapped, making it possible to identify the critical stages in the production process and implement the adoption of lean manufacturing tools, identified as the most suitable to promote improvements in critical processes. Applying these tools there was a significant growth in daily and monthly production compared to the month of April, confirming that, by leveraging productivity using such means for the manufacturing of surgical masks, it was possible to meet the contracted deadline, even in the case of emergency production.

Keywords: Campaign factory; Lean Manufacturing; Production in emergency situations; Risk mapping; Flexibility criteria.

Lista de Quadros

<i>Quadro 1. Principais ferramentas e técnicas do lean manufacturing empregadas em diversos estudos.</i>	<i>30</i>
<i>Quadro 2. Principais setores de aplicação do lean manufacturing.....</i>	<i>33</i>
<i>Quadro 3. Aquisição dos cliques nasais</i>	<i>42</i>
<i>Quadro 4. Aquisição de TNT.....</i>	<i>43</i>
<i>Quadro 5. Aquisição de elástico</i>	<i>44</i>
<i>Quadro 6. Aquisição de linha</i>	<i>44</i>

Lista de Figuras

Figura 1. Estrutura do projeto	22
Figura 2. Processo produtivo	23
Figura 3. A estrutura do Sistema Toyota de Produção (STP)	28
Figura 4. Delineamento do método utilizado	37
Figura 5. Dias de produção de máscaras em 2020	39
Figura 6. Painéis de acesso ao BI	40
Figura 7. Arame plastificado	42
Figura 8. Tecido não tecido (TNT) de gramatura 40	43
Figura 9. Elástico tecido lycra beach	43
Figura 10. Linha 100% poliéster	44
Figura 11. Protótipo da máscara	45
Figura 12. Produto	46
Figura 13. Produção diária de máscaras em abril de 2020	46
Figura 14. Mapeamento inicial do Fluxo de Valor (MFV)	48
Figura 15. Planta baixa da fábrica – inicial	50
Figura 16. Planta baixa da fábrica – final	51
Figura 17. Melhoria no procedimento de costura	52
Figura 18. Melhoria no procedimento de costura	53
Figura 19. Separação das máscaras em 10 unidades	54
Figura 20. Embalagem com 50 unidades	55
Figura 21. Embalagem pronta para entrega	55
Figura 22. Embalagem com 1.500 máscaras	56
Figura 23. Caminhão de transporte à Santa Casa	56
Figura 24. Embalagem pronta para a distribuição	57
Figura 25. Quantidade mensal de máscaras entregues à Santa Casa em 2020	57
Figura 26. Disposição original dos postos de trabalho	58
Figura 27. Disposição dos postos de trabalho para fluxo contínuo de produção	58
Figura 28. Pesagem dos cliques nasais	59
Figura 29. Corte do elástico enfiado em 50 camadas	60
Figura 30. Corte do elástico enfiado em 50 camadas	60
Figura 31. Corte do tecido enfiado em 50 camadas	61
Figura 32. Kits para produção de 50 máscaras	62
Figura 33. Kits para produção de 50 máscaras	63
Figura 34. Mapeamento final do Fluxo de Valor (MFV)	64
Figura 35. Produção diária de máscara em maio de 2020	65
Figura 36. Produção diária de máscara em junho de 2020	66
Figura 37. Produção diária de máscara em julho de 2020	66
Figura 38. Produção diária de máscara em agosto de 2020	67
Figura 39. Produção diária de máscara em setembro de 2020	67
Figura 40. Despesas do projeto	68

Lista de Siglas e Abreviaturas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

BI – *Business Intelligence*

CAD – *computer-aided design*

5S – *Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke*

FIEMT – Federação das Indústrias no Estado de Mato Grosso

FIFO – *First In, First Out*

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor

MIT – *Massachusetts Institute of Technology*

MT – Estado de Mato Grosso

PPGGETEC – Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial

SENAI – Serviço de Aprendizagem Industrial

SES – Secretaria Estadual de Saúde

STP – Sistema Toyota de Produção

TNT – Tecido não tecido

TPM – *Total Productive Maintenance*

TQM – *Total Quality Managemen*

LM - *Lean Manufacturing*

IST – *Instituto Senai de Tecnologia*

Sumário

<i>Resumo</i>	<i>xi</i>
<i>Abstract</i>	<i>xii</i>
<i>Lista de Quadros</i>	<i>xiii</i>
<i>Lista de Figuras</i>	<i>xv</i>
<i>Lista de Siglas e Abreviaturas</i>	<i>xvii</i>
<i>Sumário</i>	<i>xix</i>
1 <i>Introdução</i>	21
1.1 OBJETIVO GERAL	24
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25
1.3 ORGANIZAÇÃO DO DOCUMENTO	25
2 <i>Revisão da literatura</i>	27
2.1 PRINCIPAIS CONCEPÇÕES	27
2.2 FERRAMENTAS E APLICAÇÕES DO <i>LEAN MANUFACTURING</i>	30
3 <i>Procedimentos metodológicos</i>	37
3.1 MAPEAR O PROCESSO DE PRODUÇÃO DE MÁSCARAS NO “ESTADO INICIAL”	38
3.2 IDENTIFICAR OS ESTÁGIOS CRÍTICOS DO PROCESSO	38
3.3 ESCOLHER AS FERRAMENTAS <i>LEAN</i> ADEQUADAS PARA PROMOVER MELHORIAS NOS ESTÁGIOS CRÍTICOS	38
3.4 IMPLEMENTAR MELHORIAS NOS ESTÁGIOS CRÍTICOS	38
3.5 MAPEAR O PROCESSO DE PRODUÇÃO NO “ESTADO FINAL”, APONTANDO AS MELHORIAS OBTIDAS	38
3.6 AMOSTRA	39
3.7 INSTRUMENTO	39
3.8 PROCEDIMENTOS DE COLETA, TRATAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	40
4 <i>Resultados e discussão</i>	41
4.1 DESCRIÇÃO DO PRODUTO	41
4.1.1 PROTÓTIPO	45
4.1.2 PRODUTO	45
4.2 MAPEAMENTO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE MÁSCARAS NO “ESTADO INICIAL”	46
4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS ESTÁGIOS CRÍTICOS DO PROCESSO	47
4.4 ESCOLHA DAS FERRAMENTAS <i>LEAN</i> ADEQUADAS PARA PROMOVER MELHORIAS NOS ESTÁGIOS CRÍTICOS	49
4.5 IMPLEMENTAÇÃO DE MELHORIAS NOS ESTÁGIOS CRÍTICOS	50
4.5.1 LAYOUT DA FÁBRICA	50
4.5.2 O PROCESSO DE FABRICAÇÃO	51
4.5.3 ESTABELECIMENTO DO FLUXO CONTÍNUO	57
4.5.4 REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS COM EXCESSO DE MOVIMENTAÇÃO E DE CONTROLE	59
4.5.5 MONTAGEM DO KIT	59
4.5.6 REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS COM ESPERAS	62
4.6 MAPEAMENTO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO NO “ESTADO FINAL”, APONTANDO AS MELHORIAS DE PRODUTIVIDADE OBTIDAS	63
4.6.1 DESPESAS DO PROJETO	68
5 <i>Considerações finais</i>	69

5.1 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	70
Referências	72
<i>Anexo A – Artigo publicado na Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO)</i>	79
<i>Anexo B – Capítulo de livro na Coletânea Especial de Engenharia de Produção, Editora Kreatik (e-book)</i>	80

1 Introdução

A pandemia causada pelo novo coronavírus (SARS-Cov-2) está sendo considerada um dos maiores desafios sanitários deste século. Diante desse cenário, no estado de Mato Grosso, foram adotadas diversas medidas flexíveis para evitar a propagação da covid-19, como o funcionamento do comércio em horário reduzido, o não atendimento presencial das escolas públicas e privadas, que passaram a realizar as aulas no formato on-line, o teletrabalho para servidores públicos e o toque de recolher a partir das 23h.

Por outro lado, desde março de 2020, também se deu início à corrida por insumos para atendimento das demandas oriundas da pandemia. Assim, nasceu o projeto entre o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial de Mato Grosso (Senai MT) e a Secretaria de Estado de Saúde de Mato Grosso (SES/MT) para a confecção de 5 milhões de máscaras cirúrgicas em tecido não tecido (TNT) — produto essencial para enfrentar a pandemia, cuja proposta era a montagem pelo Senai MT de uma unidade de produção de máscaras descartáveis, em tempo recorde, mesmo do ponto de vista produtivo, atendendo e sendo validada pela SES/MT.

O pedido foi feito pelo Governo do Estado à Federação das Indústrias no Estado de Mato Grosso (FIEMT), que, por meio do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai MT), conduziu os trabalhos.

Com o foco de salvar vidas, montou-se a maior fábrica de campanha do estado, utilizando toda a estrutura de máquinas existente nas unidades do Senai MT da capital e do interior. Para tanto, foi necessária a desativação de todos os laboratórios de costura da instituição.

Além dos profissionais da saúde que atuaram na validação das máscaras confeccionadas, o Senai MT mobilizou cerca de 100 profissionais de costura para atuação in loco e mais de 250 funcionários em sistema home office, totalizando 350 colaboradores envolvidos no projeto, que trabalharam em dois turnos para produzir, ao menos, um milhão de máscaras por mês.

O salão de eventos do Senai MT em Cuiabá se transformou em um espaço de produção industrial. Respeitando as medidas de segurança para a realização do trabalho durante a pandemia, os profissionais, no decorrer dos meses de abril a setembro de 2020, conseguiram produzir mais de 30 mil máscaras por dia. Esses resultados contribuíram positivamente para regularizar o desequilíbrio com a falta de insumos e trouxeram impacto econômico e sanitário imediato para a região em momento crítico

Dentre as competências do Senai MT nesse projeto, estavam a realização da especificação e aquisição de todas as matérias-primas necessárias, bem como a mobilização, implementação e operacionalização de todos os equipamentos e processos produtivos relacionados, fazendo uso dos recursos disponíveis e necessários para entrega da quantidade acordada dentro de um prazo de 180 dias (figura 1).

No intento de cumprir esse desafio, o Senai MT contou com a utilização das ferramentas *lean* no processo produtivo, a fim de alavancar a produtividade da instalação e conseguir alcançar as metas diárias e realizar as entregas necessárias ao Hospital Estadual Santa Casa, órgão responsável pela higienização e distribuição do produto aos outros hospitais estaduais de Mato Grosso.

Figura 1. Estrutura do projeto

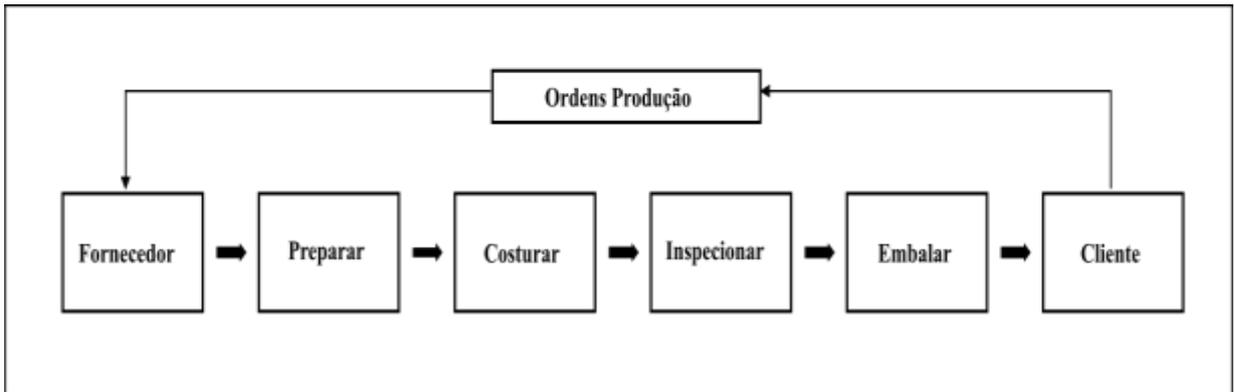


Fonte: estrutura elaborada pela pesquisadora (2021).

Além disso, o Senai MT em Cuiabá flexibilizou sua estrutura, ao adaptar o espaço físico de uma de suas unidades escolares para a produção de máscaras em escala industrial, espaço esse que estava ocioso devido ao momento pandêmico, durante o qual não era permitida a realização de qualquer tipo de evento. Além disso, adaptou-se para planejar a produção, mobilizar, adquirir e programar os recursos necessários.

Após a definição e descrição do produto, iniciaram-se o desenho do fluxograma do processo produtivo (figura 2) e o levantamento de todas as etapas existentes na produção. Devido à meta ser ousada e desafiadora, realizou-se a cronometragem do tempo dos ciclos processuais, a medição dos deslocamentos tanto dos funcionários quanto do produto, o levantamento da quantidade de material em estoque — observações essas feitas diretamente no chão da fábrica — e a análise de disponibilidade dos equipamentos e de operadores por processo.

Figura 2. Processo produtivo



Fonte: fluxograma elaborado pela pesquisadora (2021).

A seguir, apresenta-se a descrição sucinta de cada etapa:

- a) Fornecedor: aquisição de matéria-prima para a fábrica, sendo as principais: TNT, clipe nasal, elástico e linha. Os fornecedores dos insumos foram contratados no estado de Mato Grosso (MT), Santa Catarina (SC) e São Paulo (SP). Devido à alta demanda, tivemos variações nos valores dos insumos e dificuldade em encontrá-los.
- b) Preparar: cortar o TNT, cortar o elástico, pesar o clipe nasal e montar os kits.
- c) Costurar: costurar a máscara em sua totalidade.
- d) Inspeccionar: verificar a qualidade do produto.
- e) Embalar: embalar para a entrega.
- f) Cliente: Receber o produto

Para fazer o registro da produção diária e a análise de resultados, o Senai MT construiu painéis visuais de monitoramento da produção por meio da ferramenta Power BI. O Power BI é um serviço de análise de negócios da Microsoft, cujo objetivo é fornecer visualizações interativas e recursos de *business intelligence* (BI), com uma interface simples, para que os usuários finais criem os seus próprios relatórios e *dashboards*. Esse instrumento mostrava a produção de cada costureira, sendo ela da fábrica ou facionista, a produção geral do dia e a produção mensal.

Dessa forma, para garantir a entrega da demanda ao estado e não deixar faltar máscaras nos hospitais, o grupo responsável pelo projeto adotou a premissa de que o emprego de ferramentas *lean manufacturing* (LM) adequadas poderia alavancar a produtividade da instalação e garantir as entregas esperadas.

O modelo *lean manufacturing* foi desenvolvido pelo engenheiro Taiichi Ohno e sua equipe, no Japão, após a Segunda Guerra Mundial, na década de 60, que ficou conhecido também como Sistema Toyota de Produção, em razão de sua aplicação exitosa naquela indústria automobilística (OHNO, 1997).

Segundo Justa (2014), o termo *Lean*, em português, significa “enxuto”, cunhado no livro *A máquina que mudou o mundo* (1990) e difundido no ocidente nos anos 90. Assim, esse termo veio de estudos sobre o modelo de gestão da Toyota, que visavam compreender as reduções de desperdícios nas diversas etapas do processo produtivo, desde o gerenciamento de suprimentos, o desenvolvimento de produtos e o atendimento de pedidos até a entrega do produto ao cliente final (LIKER, 2005).

O conceito de *lean manufacturing* consiste na aplicação de práticas que visam à identificação e à eliminação de desperdícios em processos industriais e na busca incessante da melhoria contínua em processos, produtos e pessoas (LOPES; FROTA, 2015).

Partindo do pressuposto de que o *lean manufacturing* pode ser utilizado em qualquer segmento industrial, o presente trabalho relata a aplicação das ferramentas *lean* na fábrica de máscaras cirúrgicas de proteção facial descartáveis do Senai MT, sendo possível constatar como se deu a implantação desse modelo em todo o processo produtivo, desde a montagem dos kits de produção, o estabelecimento do fluxo contínuo, o controle da qualidade, evitando erros e retrabalhos, e a flexibilidade dos processos internos da unidade operacional para que a fábrica cumprisse seu papel de auxiliar na prevenção da pandemia da covid-19, cumprindo as metas esperadas.

O total de despesas realizadas na execução destinou única e exclusivamente para custear o referido projeto. Em contrapartida ao recurso recebido, o Senai MT disponibilizou seus equipamentos, a infraestrutura, os insumos necessários para confecção, além de custear as despesas de mão de obra. Por meio do Senai MT, cada máscara teve o custo de R\$ 0,90. O principal destaque na realização das despesas do projeto recaiu sobre a conta Serviço de Terceiros, em que foram alocadas a mão de obra dos profissionais da costura e a alimentação aos trabalhadores; na conta de Materiais, foi registrada a matéria-prima para produção e, na conta de Pessoal e encargos sociais, foram contabilizadas as despesas da equipe de suporte e da execução do projeto.

Com este estudo, pretende-se relatar o esforço na adoção de certas ferramentas *lean* que garantisse alavancar a produtividade do processo instalado para o atingimento das metas acordadas com o estado de Mato Grosso. A pergunta que norteou a investigação foi: como as ferramentas de *lean manufacturing* escolhidas puderam alavancar a produtividade na confecção de máscaras cirúrgicas em regime de emergência?

1.1 Objetivo geral

Este estudo teve como objetivo geral demonstrar como a escolha conjugada de algumas ferramentas de *lean manufacturing* contribuíram para alavancar a produtividade na confecção de máscaras cirúrgicas em regime de emergência, habilitando o atendimento contratual para a confecção de 5 milhões de máscaras, em 180 dias, com a qualidade exigida.

1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo geral do trabalho, foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- mapear o processo de produção de máscaras no estágio inicial da contratação;
- identificar os estágios críticos do processo;
- escolher as ferramentas *lean* adequadas para promover melhorias nos estágios críticos;
- implementar as melhorias nos estágios críticos, empregando as ferramentas escolhidas;
- estruturar o processo de produção no estágio otimizado, apontando as melhorias obtidas.

1.3 Organização do documento

Este trabalho está organizado em cinco capítulos. Neste primeiro capítulo, introduz-se a temática do uso de ferramentas *lean*, no contexto da fábrica de campanha do Senai MT, com a finalidade de alavancagem da sua produtividade, bem como apresentam-se a pergunta de pesquisa do trabalho e os objetivos geral e específicos.

No capítulo 2, apresenta-se a revisão da literatura sobre o *lean manufacturing*, com aportes dos principais autores que debatem sobre o tema, de forma a conceituar, contextualizar e compreender quais são as ferramentas que integram o *lean manufacturing* e suas aplicações, com enfoque, principalmente, na linha de produção das máscaras descartáveis, objeto de estudo desta pesquisa, em relação ao fluxo de valor, ao fluxo contínuo e aos desperdícios com movimentação e espera.

O capítulo 3 destina-se ao detalhamento da metodologia adotada para alcançar os resultados deste trabalho, baseada na abordagem, por meio do fluxograma, que descreve todas as fases da pesquisa e os métodos adotados.

No capítulo 4, discorre-se sobre os seguintes resultados do estudo de caso: o mapeamento do estágio inicial da fábrica (abril de 2020), por meio da análise dos números de produção diária registrados no Power BI. Logo após, são identificados os estágios mais críticos do processo produtivo da confecção da máscara utilizando-se do fluxo de valor e, com essa identificação, foi discutida a escolha das ferramentas *lean* mais adequadas para a otimização do processo crítico. Após a escolha das ferramentas, foram implementadas melhorias nos estágios críticos e, para finalizar, o mapeamento do estágio final otimizado, apontando os avanços de produtividade obtidos para atender ao contrato de 5 milhões de máscaras, a serem entregues em 180 dias, com a qualidade exigida.

Encerra-se este trabalho no capítulo 5, em que são apresentadas as considerações finais do estudo, destacando-se a essencialidade do uso das ferramentas *lean* para identificar

os estágios críticos e as limitações do processo de produção, e faz-se uma reflexão sobre como a aplicação dessas ferramentas resulta em melhorias, que possibilitaram o aumento do fluxo produtivo e o cumprimento de contratos firmados. Nesse momento, também são sugeridas abordagens para a realização de pesquisas futuras.

2 Revisão da literatura

Este capítulo apresenta estudos encontrados na literatura sobre o tema *lean manufacturing*. Esta revisão da literatura serviu de base para a escolha das ferramentas *lean* utilizadas no contexto que circunda o objetivo central deste trabalho, com base no estudo de caso realizado na fábrica de campanha de máscaras do Senai Cuiabá.

2.1 Principais concepções

Nas últimas décadas, começaram a ocorrer esforços crescentes para o desenvolvimento de pesquisas e a implementação das ferramentas do Sistema Toyota de Produção (STP). Desenvolvido pela *Toyota Motor Corporation*, o STP passou a ser reconhecido e implementado após a primeira crise do petróleo, em 1973, por várias fábricas japonesas, quando os gerentes reconheceram os resultados conseguidos pela Toyota, mesmo durante a depressão econômica da época (OHNO, 1997). O STP foi disseminado no ocidente a partir do estudo realizado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), em 1985, com o apoio da General Motors (WOMACK; JONES, 2004).

Na visão de Shingo (1996), o STP visa à eliminação total das perdas e à redução dos custos, dando ênfase na produção sem estoques. Já para Pascal (2008), o STP representa fazer mais com menos, ou seja, menos tempo, menos espaço, menos esforço humano, menos maquinário e menos material, porém, ao mesmo tempo, ofertando aos clientes o que eles querem.

Segundo Antony (2011), o STP busca determinar o valor no processo, distinguindo atividades que o agregam daquelas que não agregam, eliminando os desperdícios, de modo que cada etapa passe a adicionar valor ao processo. Ohno (1997) afirma que a sustentação do STP está na busca contínua de reduzir a linha do tempo entre o pedido de um cliente e o ponto de recebimento do dinheiro, removendo os desperdícios que não agregam recursos. O STP estrutura-se em dois pilares: *just in time* e *Jidoka*. A figura 3 apresenta a estrutura básica do STP (SILVA et al., 2011; SHINGO, 1996; GHINATO, 2000; MONDEN, 2015):

Figura 3. A estrutura do Sistema Toyota de Produção (STP)



Fonte: Ghinato (2000).

Sobre cada etapa do sistema, apresenta-se, a seguir, a definição dos termos representados na figura 3, buscando uma melhor compreensão do fluxograma do processo utilizado para a confecção de máscaras descartáveis:

- a) *Just in Time*: método que visa capacitar o sistema produtivo a fazer “toda a peça, todo o tempo”, estado de disponibilidade este que dá maior flexibilidade para a empresa e viabiliza a redução do estoque (estoque zero), ou seja, o *Just in Time* é responsável tanto pela programação quanto pelo sequenciamento da produção, fazendo com que se produza o produto certo, na hora certa e na quantidade certa, eliminando estoques e evitando desperdícios.
- b) Fluxo contínuo: organiza o fluxo de valor para que o material possa ser movimentado de um estágio que agrega valor para outro, sem descontinuidade, em fluxo contínuo. A programação e o controle devem ser baseados no *takt time*, que sinaliza o ritmo com o qual o processo deve ser puxado.
- c) *Takt time*: definido como o tempo decorrido entre duas unidades sucessivas de um produto ou componente produzido por uma instalação de produção, podendo também ser interpretado como o ritmo de produção necessário para atender a uma determinada demanda. O *takt time*, portanto, procura associar e condicionar o ritmo de produção ao das vendas.
- d) Produção puxada: pode ser efetuada por meio da entrega do produto (*output*) de um estágio de produção, conforme a necessidade do estágio seguinte, mediante a eliminação da “produção empurrada”, adotando-se sistemas adequados de sinalização

entre os estágios produtivos, ou seja, ela equivale à execução das atividades certas na hora certa. Portanto, uma atividade só seria permitida após a liberação da anterior, e as equipes de trabalho já estariam devidamente preparadas com o material para o início da atividade.

- e) *Jidoka*: a palavra *jidoka* significa “autonomação”, ou seja, a máquina é dotada de inteligência e toque humano, proporcionando a detecção de anormalidades, menos desgaste físico por parte do operador e melhorias como o aumento de produtividade.
- f) *Poka Yoke*: dispositivos formados por componentes mecânicos que interrompem as operações nos processos industriais sempre que surgem defeitos.
- g) Separação Homem-Máquina: processos que necessitam da permanência do operador junto à máquina durante a sua execução e que caracterizam a relação entre a máquina e o homem. A separação que ocorre é entre a detecção da anormalidade e a solução do problema. A detecção pode ser uma função da máquina, pois é técnica e economicamente viável, enquanto a solução ou correção do problema continua como responsabilidade do homem.
- h) *Heijunka*: é uma técnica de nivelamento da produção, que se refere ao modo de planejar a produção de tal forma que o mix e o volume de produtos sejam constantes ao longo do tempo.
- i) Operações padronizadas: melhor combinação de recursos, tais como: mão de obra, máquinas, ferramentas e instrumentos de medição, com o objetivo de garantir que as operações sejam realizadas da mesma forma.
- j) *Kaizen*: refere-se à melhoria contínua, que visa à evolução permanente da empresa em toda a sua amplitude.
- k) Estabilidade: a base de todo o STP é a estabilidade dos processos. Somente processos capazes, controlados e estáveis podem ser padronizados, de forma a garantir a produção de itens livres de defeitos na quantidade e no momento certo.

De acordo com a figura 3, essa representação do STP tem como objetivo principal atender, da melhor forma, às necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade a um custo mais baixo e no menor tempo (*lead time*) possível. Tudo isso enquanto garante um ambiente de trabalho no qual a segurança e o moral dos trabalhadores são preocupações fundamentais da gerência (GHINATO, 2000).

Para traduzir e descrever a filosofia do STP às culturas ocidentais, pesquisadores americanos criaram e popularizaram o pensamento *Lean* (JADHAV et al., 2014; SCHONBERGER, 2007).

De acordo com Singh (1998), a manufatura enxuta (*lean manufacturing*) é uma filosofia baseada no STP e em outras práticas de gestão japonesas que se esforçam para encurtar o tempo entre o pedido do cliente e a remessa do produto, por meio da eliminação consistente de desperdício. Já na visão de Kosky et al. (2021), manufatura enxuta é a maneira ideal de produzir bens mediante a remoção de desperdícios e a implementação de fluxo, em oposição

ao processamento em lote. A manufatura enxuta constitui um conjunto de ferramentas de gerenciamento de processos genéricos derivado principalmente do STP.

Para Liker (2005), uma empresa que deseja ser considerada *Lean* deve possuir um modo de pensar diferente das demais, com foco no fluxo do produto em constante agregação de valor, adotando o modelo de produção puxada, numa busca constante da melhoria contínua. Portanto, os princípios básicos da manufatura enxuta são a busca pelo tempo zero de espera, estoque zero, atração do cliente interno, tamanhos de lote reduzidos e tempos de processo reduzidos (Kosky et al., 2021).

Diversas são as empresas que implementam o *lean manufacturing* para manter sua vantagem sobre seus concorrentes, melhorando a produtividade do sistema de manufatura e a qualidade do produto. Nesse sentido, é possível identificar, na literatura, diversos estudos que abordam esse tema e suas vantagens.

2.2 Ferramentas e aplicações do *lean manufacturing*

O *lean manufacturing* (LM) utiliza várias ferramentas e técnicas, como o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), 5S¹, *Kaizen*, Manutenção Produtiva Total (TPM²), dispositivos *Poka-Yoke*, entre outros. Essas e outras ferramentas possuem como objetivo central identificar e eliminar os desperdícios dos processos de produção. No entanto, as ferramentas e técnicas do LM têm vários nomes, inclusive, alguns deles se sobrepõem a outras ferramentas e técnicas, podendo até ter um método diferente de implementação proposto por diferentes pesquisadores (PAVNASKAR et al., 2003). Muitas dessas ferramentas e técnicas são usadas em conjunto para alcançar resultados otimizados.

Apesar de existirem vários autores renomados que abordam sobre a temática, optou-se por selecionar aqueles nos quais foi encontrada uma maior familiaridade/proximidade com esta pesquisa. O quadro 1, a seguir, apresenta uma revisão inicial das contribuições literárias para identificar as principais ferramentas e técnicas do *lean manufacturing*, sendo utilizadas em diversificados estudos.

Quadro 1. Principais ferramentas e técnicas do *lean manufacturing* empregadas em diversos estudos.

Ferramentas e técnicas	Autor(es)/ano (Continua)
Melhoria contínua	Puvanasvaran et al. (2009), Silva et al. (2009), Chen e Meng (2010), Saurin et al. (2011).

¹ Metodologia cuja origem do nome (5S) decorre da primeira letra de cinco palavras japonesas: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke.

² Sigla do inglês: *Total Productive Maintenance*.

<i>Just in time</i>	Brown et al. (2008), Shah et al. (2008), Jayaram et al. (2008), Wong et al. (2009), Fullerton e Wempe (2009).
TPM	Boyle e Scherrer-Rathje (2009), Puvanasvaran et al. (2009), Villa (2010), Perez et al. (2010), Chen e Meng (2010), Saurin et al. (2011).
Ferramentas e técnicas	Autor(es)/ano (Conclusão)
<i>Heijunka</i>	Jensen e Jensen (2007), Lasa et al. (2008), Wong et al. (2009), Saurin et al. (2011), Pool et al. (2011).
<i>Kaizen</i>	Dentz et al. (2009), Silva et al. (2009), Hodge et al. (2011), Anand e Kodali (2011)
TQM ³	Johansen e Walter (2007), Brown et al. (2008), Wong et al. (2009), Fullerton e Wempe (2009), Boyle e Scherrer-Rathje (2009).

Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

Tendo em vista a diversidade de ferramentas e técnicas do *lean manufacturing*, vários são os benefícios advindos da utilização desse instrumental, trazidos pela pequena amostra de autores mencionados no quadro 1.

A seguir, mencionam-se alguns outros estudos revistos, cujo foco é o do emprego de uma ferramenta *lean* particularmente importante para a análise do processo produtivo, qual seja, o Mapa de Fluxo de Valor (MFV), com o objetivo específico de introduzir melhorias que resultam na alavancagem da produtividade de instalações industriais.

Lathin (2001) afirmou que, por meio do *lean manufacturing*, poder-se-ia alcançar uma redução de 90% no estoque, 90% no custo da qualidade e 90% no prazo de entrega, resultando em um aumento de 50% na produtividade do trabalho. Por sua vez, Nystuen (2002) afirmou que o tempo de atravessamento do produto poderia ser reduzido em 90%, o estoque em 82% e o *lead time* do produto em 11%.

Taylor (2005) desenvolveu uma metodologia inovadora para aplicar técnicas de melhoria da cadeia de valor enxuta a uma cadeia de abastecimento completa de um produto alimentício. Por meio do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), o autor destacou oportunidades significativas para melhorar o desempenho, a lucratividade e os relacionamentos da cadeia de suprimentos.

Simons e Zokaei (2005) aplicaram os princípios do *lean manufacturing* no setor alimentício de carne do Reino Unido. Os autores destacaram os benefícios do *lean manufacturing* em uma área específica do setor, evidenciando um aumento na produtividade

³ Gestão da Qualidade Total, cuja sigla advém do inglês: *Total Quality Management*.

de 25%. Esse significativo aumento da produtividade foi devido ao fluxo contínuo por meio do *takt time* e da padronização das atividades do trabalho.

Já Seth et al. (2008) investigaram o processo da indústria de óleo comestível de semente de algodão por meio da abordagem do MFV, com o objetivo de melhorar a produtividade e a utilização da capacidade industrial no contexto indiano. Diversos foram os achados dos autores por meio da abordagem MFV. Entre as principais conclusões, pode-se destacar a identificação do desperdício de movimentação do óleo de semente de algodão do moinho para a refinaria. Identificou-se também um excesso de estoque acumulado de 244 dias em toda a cadeia de suprimentos. Esses achados são vistos como janelas de oportunidade para melhorias no processo, que resultam em alavancagem da produtividade.

Por sua vez, Yu et al. (2009), em colaboração com um construtor residencial local, desenvolveram uma abordagem sistemática baseada na técnica MFV para analisar o processo praticado na ocasião. A abordagem proposta a seguir possuía quatro características principais: fluxo sincronizado, com base no primeiro a entrar e no primeiro a sair (FIFO⁴); nivelamento da produção; reestruturação do trabalho e maior confiabilidade da operação. Aplicada a abordagem MFV proposta pelos autores, comparou-se o “estado atual” com o “estado futuro”, demonstrando-se uma melhoria notável no desempenho geral. Com um fluxo de produto estável, a capacidade de cada tarefa foi sincronizada com o *takt time*, resultando em uma resposta positiva rápida nas vendas. Ao reestruturar as operações, o número de transferências realizadas foi diminuído e o *lead time* total foi reduzido ainda mais: para 50% do “estado atual”.

Já na indústria automotiva, Grewal (2008) descreveu a implementação do MFV em uma planta, como uma iniciativa de melhoria dos processos. Isso envolveu o mapeamento das atividades da empresa, identificando oportunidades de melhoria e, em seguida, realizando com a empresa um programa voltado para esse objetivo. O mapa do “estado atual” foi preparado para descrever a posição existente e as várias áreas problemáticas, e os cálculos de *takt time* foram executados para definir o ritmo adequado de produção. O mapa do “estado futuro” foi preparado para mostrar os planos de ação de melhoria propostos. As conquistas da implementação do fluxo de valor foram a redução do *lead time*, do tempo de ciclo e do nível de estoque. Essas melhorias resultam em aumento de eficiência produtiva, portanto, de produtividade.

Conforme identificado, a ferramenta de MFV é bastante abordada pela literatura. Nesse sentido, é possível observar outros estudos que trazem consigo o MFV como uma ferramenta efetiva do *lean manufacturing*. Hines e Rich (1997) aplicaram o MFV usando as sete ferramentas para melhorias e concluíram que essa abordagem não era apenas limitada à indústria automobilística, podendo ser aplicada a diferentes indústrias, como a têxtil. Já

⁴ Da sigla em inglês "*First In, First Out*".

Rother e Shook (2003) usaram o MFV e desenvolveram mapas dos estados atual e futuro para uma fábrica de estampagem.

Seth e Gupta (2005) desenvolveram um MFV para diminuir o tempo de ciclo e aumentar a produtividade em uma empresa indiana. O prazo médio de entrega diminuiu significativamente de 3,215 dias para 0,54 dias. Nessa mesma linha de raciocínio, Lasa et al. (2008) destacaram a aplicação prática do MFV, implementando-o em uma planta industrial. Os resultados dos autores demonstraram uma diminuição do prazo de entrega para quatro dias. Já Grewal (2008) usou o MFV também em uma empresa industrial e destacou que o *lead time* médio diminuiu de 19,660 para 19,449 minutos, com a adição de dois trabalhadores.

Braglia et al. (2006) aplicaram um *framework* baseado em MFV para um sistema de produção complexo baseado em sete etapas interativas. Lummus et al. (2006) relataram sobre um projeto MFV realizado em uma pequena clínica médica, que resultou em menor tempo de espera do paciente e em um aumento no rendimento do paciente, melhorando, assim, a qualidade. Lian e Landeghem (2007) analisaram os efeitos da manufatura enxuta usando um gerador de simulação baseado em MFV. Já Seth et al. (2008) trataram sobre vários resíduos na cadeia de abastecimento da indústria de óleo comestível de semente de algodão usando a abordagem MFV para melhorar a produtividade e a utilização da capacidade em uma indústria.

Os resultados positivos do emprego das práticas *lean manufacturing* têm despertado interesse de aplicação em diversos setores industriais. O quadro 2 aponta estudos de aplicação das referidas práticas em alguns desses setores. Como se percebe, a literatura registra expressiva aplicação no setor automobilístico, o que é esperado em razão da origem do *lean manufacturing*.

Quadro 2. Principais setores de aplicação do *lean manufacturing*

Setores de aplicação	Autor(es)/ano
Produção de alimentos e fabricação de bebidas	Taylor (2005), Simons e Zokaei (2005), Seth et al. (2008), Rashid et al. (2010), Perez et al. (2010), Pool et al. (2011), Ming-Te et al. (2013), Jiménez et al. (2011).
Setor de atividade de saúde e assistência social	Brown et al. (2008), Villa (2010), Grove et al. (2011), Atkinson e Mukaetova-Ladinska (2012), Robinson et al. (2012).
Administração	Furterer e Elshennawy (2005), Bowen e Youngdahl (1998), Emiliani e Stec (2004), Piercy e Rich (2009).
Educação	Cooper (2009).
Têxtil e confecção	Bruce et al. (2004), Comm e Mathaisel (2005), Boyle e Scherrer-Rathje (2009), Hodge et al. (2011), Aragão. (2017).
Atividades financeiras e de seguro	Delgado et al. (2010), Bortolotti e Romano (2012).

Setores de aplicação	Autor(es)/ano
Construção civil	Yu et al. (2009), Dentz et al. (2009).
Indústria automotiva	Grewal (2008), Braglia et al. (2009), Hallgren e Olhager (2009), Wee e Wu (2009), Álvarez et al. (2009), Anand e Kodali (2009), Silva et al. (2009), Saurin et al. (2011), Vinodh et al. (2010), Singh et al. (2011), Shahin (2011), Losonci et al. (2011), Ramesh e Kodali (2011), Gnanaraj et al. (2011).
Informação e comunicação	Taj (2005), Robertson e Jones (1999), Staats et al. (2011), Psychogios et al. (2012).

Fonte: elaborado pela autora (2021).

A seguir, mencionam-se os estudos cujo foco é o do emprego do *lean manufacturing*, particularmente nos setores das indústrias têxteis e de confecção.

Comm e Mathaisel (2005) observaram o desempenho de empresas orientais do setor têxtil que exportam seus produtos para os Estados Unidos. Por meio da aplicação dos princípios do *lean manufacturing*, em especial, do uso do MFV, verificou-se que a eficiência da produção das empresas têxteis orientais é um dos maiores problemas. Os autores identificaram que a baixa eficiência resulta em uma redução da qualidade de alguns produtos exportados.

Boyle e Scherrer-Rathje (2009) objetivaram identificar as práticas mais eficientes que os gerentes de empresas têxteis usam para melhorar a flexibilidade de manufatura e garantir que as ferramentas e técnicas selecionadas para o aperfeiçoamento da flexibilidade estejam alinhadas com objetivos organizacionais. Os resultados demonstraram que há uma preferência cada vez mais crescente pelo uso de ferramentas do *lean manufacturing*, como o MFV e 5S.

Na visão de Bruce et al. (2004), as indústrias têxteis e de confecção têm características de ciclo de vida curto do produto, alta volatilidade, baixa previsibilidade e um alto nível de compra por impulso, tornando questões como resposta rápida de extrema importância. Baseado nisso, os autores discutiram as características da indústria de têxteis e de confecção e identificaram as principais perspectivas *lean* dentro da literatura referente à cadeia de suprimentos existente.

Assim, os autores concluíram que a indústria têxtil e de confecção não se encaixa unicamente em um paradigma *lean*. Em vez disso, é uma combinação de abordagens *lean* e *agile*, uma vez que o segmento é impulsionado, principalmente, por margens baixas e volatilidade da demanda. Isso garante a reposição rápida do produto, a construção e manutenção de parcerias na cadeia de suprimentos e a flexibilidade em resposta à volatilidade da demanda dos varejistas.

Hodge et al. (2011) identificaram as diferentes ferramentas e princípios do *lean* na indústria têxtil e de confecção. Os autores fizeram uso de entrevistas, visitas às indústrias e estudos de caso. Um modelo para implementação de ferramentas e princípios *lean* em um ambiente têxtil foi desenvolvido. Portanto, os autores concluíram que a implementação da *lean manufacturing* deve começar com ferramentas de implantação de políticas para iniciar mudanças culturais. A resistência à mudança por parte da gerência e dos trabalhadores do chão de fábrica foi mais frequentemente citada como uma barreira à implementação do *lean*.

Um programa 5S foi a primeira ferramenta usada por muitas empresas. Os projetos 5S podem ser usados em toda a instalação de fabricação e não se limitam apenas à linha de produção. Assim, projetos baseados em gerenciamento visual criam uma base de estabilidade no processo e podem fornecer sucessos iniciais com o uso de ferramentas *lean*. Além disso, os autores concluíram que a implementação do *lean* é um processo contínuo que envolve todos os níveis hierárquicos corporativos e todos os esforços devem se concentrar na melhoria da satisfação do cliente.

Por fim, foram revistos alguns autores que realizaram estudos de caso no Brasil e foi possível identificar algumas pesquisas importantes sobre o *lean manufacturing*.

Aragão et al. (2017) buscaram indicar as perdas existentes no processo produtivo de uma empresa de confecção de bermudas masculinas. Para o alcance do objetivo proposto, os autores fizeram uso da lógica das Sete Perdas⁵ e da estratégia de alteração de layout físico para a redução dos desperdícios. Baseado nisso, concluíram que grande parte dos desperdícios existentes no processo analisado foram as perdas por movimentação e produtos defeituosos.

Arkader (2001) apresentou um caminho de fornecimento enxuto para a relação comprador-fornecedor em uma empresa automotiva brasileira, considerando barreiras organizacionais específicas da empresa. Já Silva et al. (2009) buscaram a melhoria contínua no sistema de qualidade de uma empresa de autopeças brasileira. Saurin et al. (2011), por sua vez, apresentaram uma estrutura para avaliar o uso de práticas da manufatura enxuta em células de produção em uma indústria fornecedora de peças automotivas.

Ainda no contexto brasileiro, Castro et al. (2019) buscaram avaliar os impactos do fator motivacional nos resultados obtidos ao final da implementação de um sistema de manufatura enxuta em uma empresa multinacional fabricante de bens de consumo. Para isso, os autores coletaram dados dos principais indicadores de desempenho de três linhas de produção, em períodos antes e após a implementação da manufatura enxuta.

⁵ De acordo com Ohno (1997), para uma produção enxuta, deve-se eliminar sete tipos clássicos de desperdícios, “Sete Perdas”, que existem dentro de uma empresa, os quais são relacionados às pessoas, à quantidade e à qualidade. As perdas são: 1) por produção excessiva; 2) esperas; 3) transporte; 4) processamento desnecessário; 5) inventário excessivo; 6) movimento desnecessário e 7) por produzir itens/produtos defeituosos. Ainda de acordo com o autor, a partir da melhoria implementada pela análise das Sete Perdas, torna-se possível realizar a alteração de parâmetros de produção e alcançar resultados mais satisfatórios na produção.

Cruz et al. (2019) verificaram o efeito da implementação de um sistema de manufatura enxuta no desempenho operacional de uma linha de produção de uma empresa industrial. A implementação da manufatura enxuta realizada pelos autores é comparada com as melhoras práticas e os modelos de referência, verificando o grau de aderência do programa da empresa.

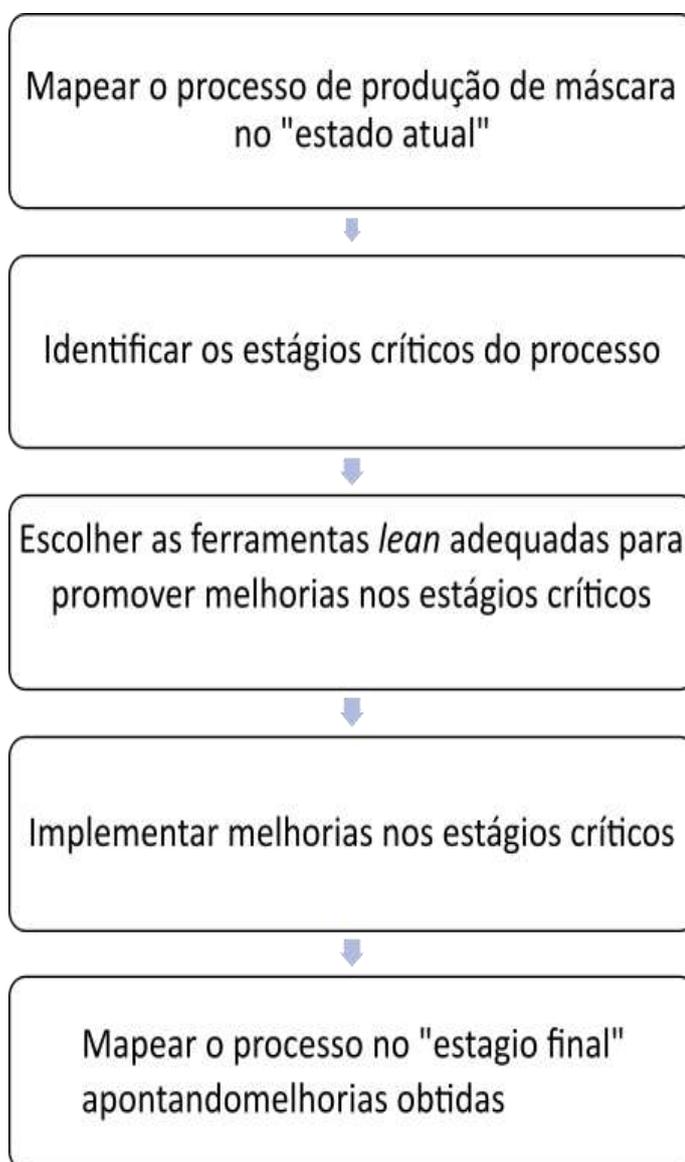
Costa (2020) buscou analisar os impactos das ferramentas do *lean manufacturing* nas empresas brasileiras atendidas pelo Programa B+P (Programa Brasil Mais Produtivo), além de caracterizar o perfil das empresas da amostra que obtiveram os melhores e piores resultados de produtividade. A autora concluiu que a utilização de ferramentas, para a redução de desperdícios no Programa B+P, mostrou-se eficaz, em geral, uma vez que, no programa, a média de incremento de produtividade após as intervenções foi de 52%, com desvio padrão de 29%, nas 3.000 empresas atendidas.

A revisão sistemática da literatura realizada permitiu trazer informações sobre a utilização das ferramentas *lean*, apoiando-se em estudos relevantes em relação ao tema. Assim, buscou-se desenvolver um estudo que possa contribuir na implementação dessas ferramentas no processo produtivo de uma fábrica de máscaras cirúrgicas. Para isso, foi proposto o acompanhamento da meta diária, identificando o “estado atual”, os estágios críticos, as ferramentas *lean* adequadas para a melhoria dos processos dos estágios críticos e o “estado futuro” da fábrica, que serão mais bem explorados no próximo capítulo.

3 Procedimentos metodológicos

No que diz respeito ao processo metodológico, este estudo caracteriza-se por ter objetivo exploratório e descritivo. Exploratório porque proporciona uma maior familiaridade com um tema específico pouco estudado (confeção têxtil, fornecendo item para o setor da saúde em regime de emergência), a fim de torná-lo mais explícito e de construir hipóteses para futuros estudos semelhantes. Descritivo, pois busca apenas relatar o esforço para assegurar a produtividade necessária a uma fábrica de máscaras cirúrgicas em caráter emergencial, por meio da utilização de ferramentas *lean*. A figura 4 mostra o delineamento da metodologia utilizada no presente estudo.

Figura 4. Delineamento do método utilizado



Fonte: delineamento elaborado pela pesquisadora (2021).

3.1 Mapear o processo de produção de máscaras no “estado inicial”

Na primeira etapa da investigação, buscou-se mapear o “estado atual” do processo produtivo da instalação de produção de máscaras, utilizando-se o Mapa de Fluxo de Valor (MFV). Foram utilizados os resultados consolidados do primeiro mês de atividade da fábrica, ou seja, o mês de abril de 2020, que totalizou uma produção diária média de 14.139 unidades de máscaras. Essa produção média foi alcançada após a instalação inicial da unidade de produção, num primeiro esforço para compatibilizar sua produtividade com as necessidades de máscaras fixadas no contrato com o governo de Mato Grosso. Os dados dessa primeira etapa do estudo encontram-se no capítulo 4 deste trabalho.

3.2 Identificar os estágios críticos do processo

A identificação dos processos críticos foi realizada mediante o mapeamento do processo produtivo inicial, por meio da ferramenta Mapa de Fluxo de Valor (MFV). Com o MFV, foi possível detectar os tempos de ciclo das atividades e verificar aquelas que possuíam os maiores tempos, os quais representam os estágios críticos ou estágios-gargalo. São essas etapas aquelas que limitam a produtividade.

3.3 Escolher as ferramentas *lean* adequadas para promover melhorias nos estágios críticos

Logo após aplicar o MFV, foram identificados os “desperdícios” em maior tempo de ciclo para alguns estágios do processo, os quais precisavam ser tratados por meio de ferramentas *lean* para sua eliminação ou minimização. Nessa etapa, foram escolhidas as ferramentas *lean* adequadas ao referido tratamento de melhoria.

3.4 Implementar melhorias nos estágios críticos

Utilizando as ferramentas *lean* escolhidas, melhorias foram implementadas nos estágios críticos do processo, baseadas nos princípios da manufatura enxuta, conforme consta no capítulo 4 deste trabalho.

3.5 Mapear o processo de produção no “estado final”, apontando as melhorias obtidas

Para mapear a produção no “estado final”, foi novamente utilizada a ferramenta MFV, e melhorias foram observadas na produção diária e mensal. Assim, foi traçada uma linha crescente em relação à produção e à data de atingimento da meta, sempre respeitando os 180 dias de produção, conforme contrato.

Após essa apresentação do delineamento do estudo, seguem-se as informações complementares sobre a amostragem, o instrumento utilizado para coleta e processamento dos dados e, por fim, os procedimentos para tratamento e análise dos dados.

3.6 Amostra

Para realizar as intervenções descritas nas cinco etapas anteriormente referidas, a amostra utilizada foi a produção diária de 350 costureiras, sendo que 100 costureiras produziam dentro da fábrica e 250 eram faccionistas (profissionais que costumam em casa).

A produção de máscaras ocorreu nos dias destacados em azul, conforme cronograma apresentado na figura 5, entre os meses de abril e setembro de 2020, sendo esses dias considerados para a análise dos dados desta pesquisa.

Figura 5. Dias de produção de máscaras em 2020

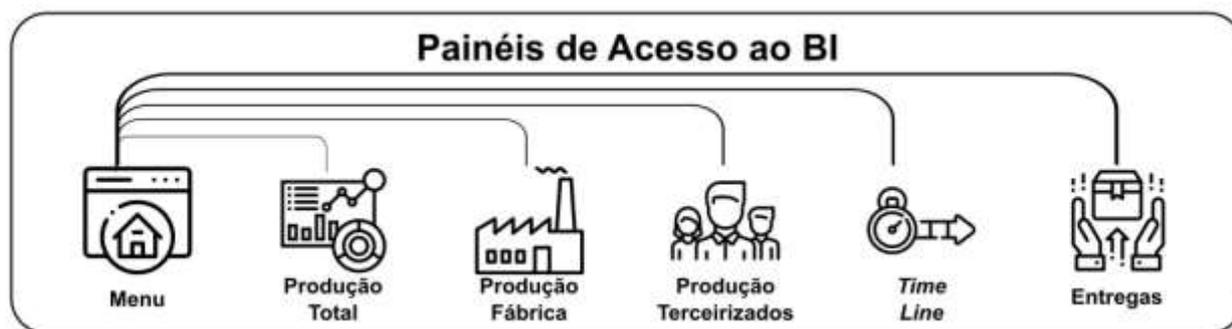


Fonte: demonstrativo elaborado pela pesquisadora (2021).

3.7 Instrumento

O instrumento utilizado para a análise dos dados de produção da fábrica e para a coleta de dados desta pesquisa foi o Power BI, criado pelo Senai MT para essa demanda específica. Em sua concepção, o BI foi dividido em seis painéis, conforme se observa na figura 5:

Figura 6. Painéis de acesso ao BI



Fonte: estrutura elaborada pela pesquisadora (2021).

- **Menu** – Tela inicial em que todos os relatórios podem ser acessados. Ao clicar em um item, a informação será direcionada para a página com o relatório específico.
- **Produção Total** – É a tela do relatório em que são apontados os valores de produção total da fábrica e a soma diária do primeiro ao último dia desejado.
- **Produção Fábrica** – Trata-se do quantitativo produzido na fábrica localmente, que pode ser consolidado por intervalos de tempo, com a apresentação da produção individual de cada produtor.
- **Produção Terceirizados** – São as quantidades produzidas pelos terceirizados (faccionistas) em locais fora da fábrica, que também podem ser consolidadas por intervalo de tempo, apresentando a produção individual de cada produtor.
- **Time Line** – É a linha do tempo em que a produção pode ser visualizada diariamente e consolidada por intervalo de tempo, sendo apresentados os totais e as médias dos intervalos.
- **Entregas** – É o relatório que apresenta a quantidade de máscaras produzidas e o lugar onde foram entregues.

3.8 Procedimentos de coleta, tratamento e análise dos dados

Para fins de possibilitar a coleta e análise de dados, o Power BI foi alimentado com as informações pertinentes à produção diária de cada costureira, sendo validadas somente as máscaras que estavam dentro dos parâmetros de qualidade estabelecidos pela SES/MT.

4 Resultados e discussão

Inicialmente será feita uma descrição detalhada do produto. A seguir, os resultados são apresentados e discutidos, de acordo com o procedimento metodológico delineado no capítulo anterior: levantamento do “estado atual” de produção de máscaras; identificação dos estágios críticos; escolha das ferramentas *lean* adequadas para promover as melhorias nos estágios críticos; implementação de melhorias nos estágios críticos e mapeamento do processo de produção no “estado final”, apontando-se as melhorias obtidas.

4.1 Descrição do produto

Os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) são obrigatórios para todos os segmentos. De acordo com a lei, é dever do empregador fornecer gratuitamente itens de boa qualidade, adequados a cada serviço e funcionando corretamente, sendo fundamental que, para que estejam em perfeito estado, passem por avaliações periódicas.

Por outro lado, também é obrigação dos profissionais utilizá-los. É preciso ter ciência da importância do seu uso já que os EPIs ajudam a preservar a integridade física do trabalhador, minimizando a exposição aos fatores de risco. Desse modo, devem ser utilizados somente para a finalidade a que se destinam, além de serem guardados ou descartados adequadamente.

A falta de observação no que diz a lei pode levar às sérias consequências, não só em relação à segurança como também aos aspectos financeiros e legais. A falta de uso — ou até mesmo a utilização imprópria — é passível de multas, indenizações, demissões, interdições e processos judiciais.

A máscara cirúrgica de TNT é um EPI que protege as gotículas respiratórias que são produzidas quando uma pessoa infectada pelo vírus tosse, fala ou espirra. O profissional da saúde que estiver em contato próximo com pessoa infectada, apresentando sintomas respiratórios ou estando assintomática, encontra-se exposto a essas gotículas respiratórias potencialmente infecciosas (WHO, 2020).

Portanto, é de suma importância que esse profissional conheça as formas de transmissão da covid-19 para se conscientizarem sobre o uso correto da máscara cirúrgica e garantirem a sua segurança e de toda a coletividade.

Dessa forma, o protótipo da máscara cirúrgica de TNT foi confeccionado pelo Senai MT e validado pela SES/MT (Secretaria de Estado de Saúde de Mato Grosso), atendendo a todas as normas necessárias para o uso em hospitais. Essa máscara de proteção respiratória foi fabricada no modelo de pregas, seguindo a Especificação Técnica 017 e a ABNT PR1002:2020, ANVISA NT 03/04/2020, com a utilização dos seguintes insumos: um segmento de arame plastificado, estilo fecho (figura 7); tecido não tecido (TNT), de gramatura 40, na cor branca

(figura 8); elástico tecido lycra *beach* (90% poliamida e 10% elastano) (figura 9) e linha 100% poliéster (figura 10).

- Arame plastificado, estilo fecho, na cor branca, de 8 centímetros. Quantidade por pacote: 2.400 unidades. Rendimento: 1 arame por máscara.

Figura 7. Arame plastificado



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Para produzir 5 milhões de máscaras, teve-se um custo de R\$ 46.354 com cliques nasais, cujos valores de aquisição foram variados no decorrer do período da fábrica em funcionamento, como apresenta o quadro 3:

Quadro 3. Aquisição dos cliques nasais

Valor total	Varição do valor – Pacote	Custo por unidade
R\$ 46.354	R\$ 21,57 até 22,93	R\$ 0,009

Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

- Tecido não tecido (TNT) de gramatura 40, na cor branca, com corte de 18 cm x 54 cm. Vendido em metro linear. Rendimento: 14 máscaras por metro.

Figura 8. Tecido não tecido (TNT) de gramatura 40



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Para produzir 5 milhões de máscaras, teve-se um custo de R\$ 765.384,09 com TNT, cujos valores de aquisição foram variados no decorrer do período, conforme quadro 4:

Quadro 4. Aquisição de TNT

Valor total	Varição do valor – Metro	Custo por unidade
R\$ 765.384,09	R\$ 1,41 até 1,98	R\$ 0,15

Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

- Elástico tecido lycra beach (90% poliamida e 10% elastano). Comprado em rolo (20 quilos) e cortado em tiras (8 mm x 135 mm). Rendimento: 40.000 tiras, equivalente a 20.000 máscaras (por rolo).

Figura 9. Elástico tecido lycra beach



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Para produzir 5 milhões de máscaras, teve-se um custo de R\$ 206.755,81 com elástico, cujos valores de aquisição foram variados no decorrer do período, como se pode observar no quadro 5:

Quadro 5. Aquisição de elástico

Valor total	Variação do valor – Rolo	Custo por unidade
R\$ 206.755,81	R\$ 1,41 até 1,98	R\$ 0,041

Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

- Linha 100% poliéster. Comprimento: 1.300 metros. Cor branca. Comprada em rolo.

Figura 10. Linha 100% poliéster



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Para produzir 5 milhões de máscaras, teve-se um custo de R\$ 8.212,50 com linha, cujos valores de aquisição foram variados no decorrer do período, como se apresenta o quadro 6:

Quadro 6. Aquisição de linha

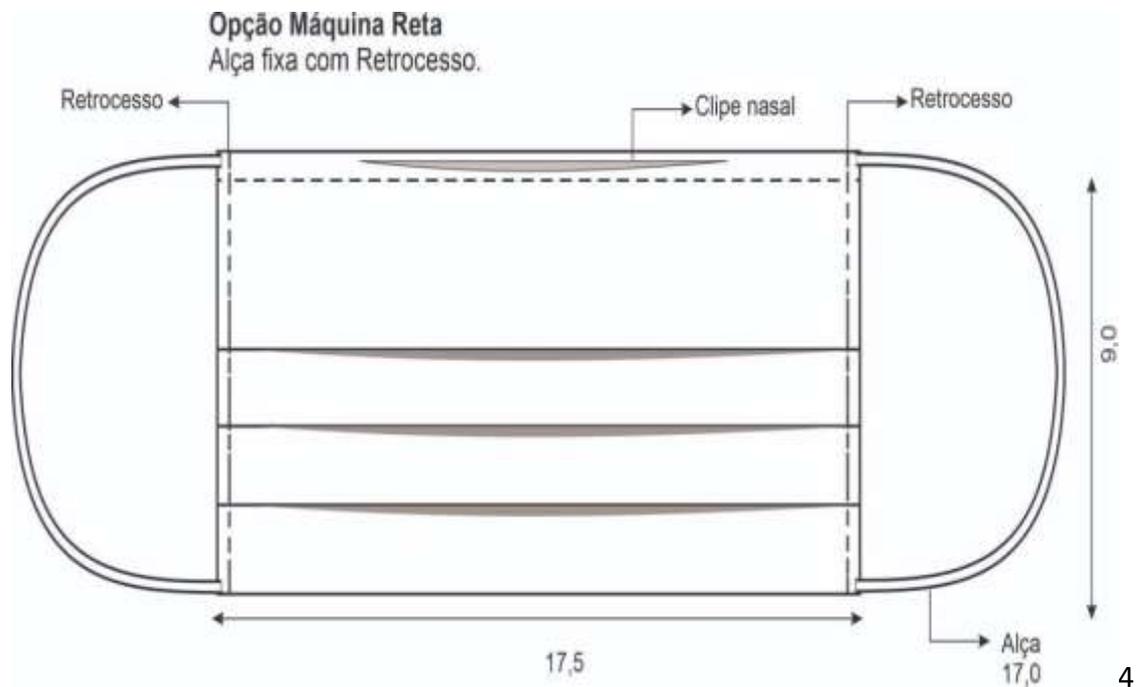
Valor total	Variação do valor – Rolo	Custo por unidade
R\$ 8.212,50	R\$ 3,20 até 3,50	R\$ 0,001

Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

4.1.1 Protótipo

O desenho esquemático/modelo CAD⁶ da máscara foi projetado no software CAD *Solid Edge*, da Siemens, conforme as medidas e as características aprovadas pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa).

Figura 11. Protótipo da máscara



Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

4.1.2 Produto

Logo após projetar a máscara, foi feita a peça-piloto para apresentação e aprovação da SES/MT.

⁶ Do inglês: *computer-aided design*, refere-se ao Desenho Assistido por Computador (DAC), em português, trata-se de recurso tecnológico utilizado para o desenho técnico e industrial responsável por criar, adaptar e otimizar projetos.

Figura 12. Produto



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Logo após confeccionar a peça-piloto, a fábrica foi colocada em operação, começando pelo processo de corte do elástico e do TNT para conseguir abastecer as costureiras. O cálculo da produção iniciou-se no primeiro dia da fábrica.

4.2 Mapeamento do processo de produção de máscaras no “estado inicial”

A fábrica deu partida em sua atividade no começo do mês de abril de 2020, e sua produção, até o dia 11/4/2020, não ultrapassava 10.000 máscaras/dia. A figura, a seguir, mostra a produção diária de máscaras, no mês de abril, em que foram contabilizados 24 dias de produção.

Figura 13. Produção diária de máscaras em abril de 2020



Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

A média diária foi de 14.139 máscaras, porém verificou-se, ao final desse primeiro mês de produção, que, com aquela média diária, não seria alcançada a produção de 5 milhões de máscaras contratadas para 180 dias. Mesmo que se trabalhassem os 180 dias corridos, seguindo a média de produção de abril, totalizar-se-ia, aproximadamente, 2.545.020 máscaras no período — cerca de 50% do total contratado para o referido prazo. A fábrica de máscaras do Senai MT viu-se diante do desafio de dobrar sua produtividade.

O processo produtivo era realizado da seguinte maneira: no início do dia, a costureira coletava o kit de material de produção e se dirigia ao seu posto de trabalho, onde iniciava a operação. Quando finalizava, depositava sua produção em uma caixa localizada ao alcance das mãos, ao lado do posto de trabalho.

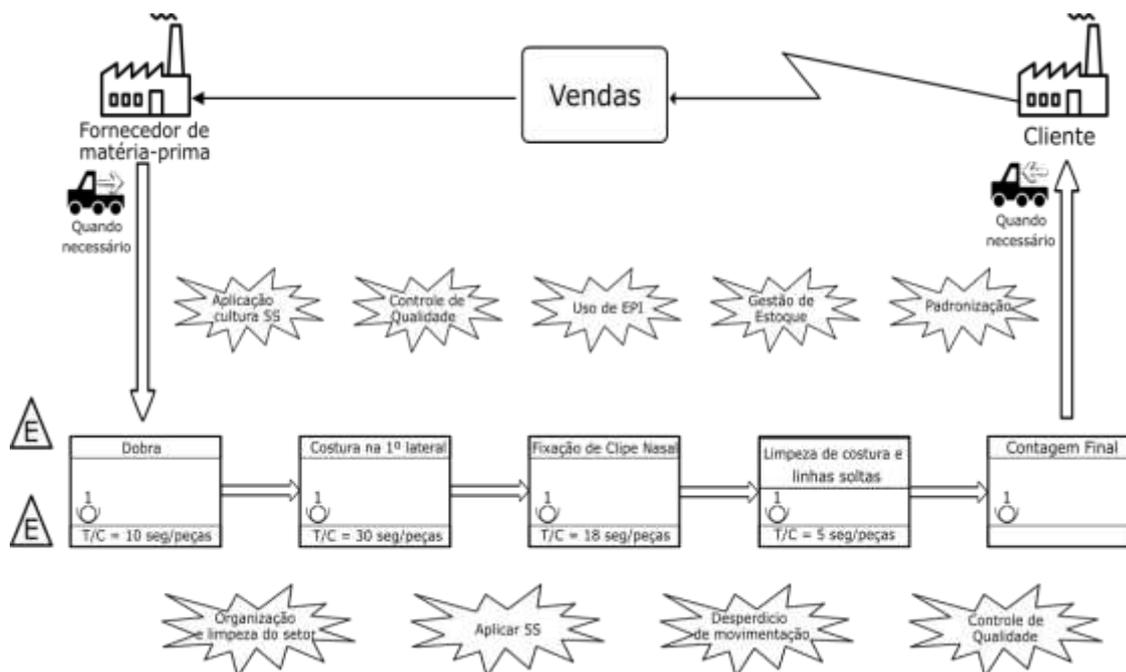
No mapeamento inicial, a costureira, ao finalizar a produção do material inicialmente coletado, dirigia-se ao local de conferência de qualidade, que, por vezes, aguardava em uma fila, juntamente com as demais costureiras, para que outro colaborador da fábrica fizesse a conferência da qualidade, dentro dos parâmetros estabelecidos pela SES/MT, e a contabilização da produção realizada. Esse total era anotado em uma planilha de controle, que, por fim, alimentava o Power BI com as informações de produção individual e a consolidação geral de produção, cuja ferramenta era manuseada pelos funcionários da fábrica. Após a contabilização, a costureira se dirigia ao local de distribuição de material para coletar outro kit e retornar ao posto de trabalho.

Já as faccionistas retiravam seu kit no Senai MT com a quantidade para a fabricação de 500, 1.000 ou 1.500 unidades. Esse kit era composto de TNT, elástico, clipe nasal e linha. Toda a retirada era anotada e conferida na devolução pela costureira faccionista, contabilizando somente as máscaras entregues dentro do padrão de qualidade exigido pelo cliente.

4.3 Identificação dos estágios críticos do processo

Para identificar os estágios do processo produtivo a serem melhorados, foi utilizada uma ferramenta do *lean manufacturing* chamada Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV). Com ela, pôde-se perceber quais etapas do processo demandavam mais tempo (*lead time*) e quais necessitavam de intervenções de melhorias. O MFV inicial está apresentado na figura 14.

Figura 14. Mapeamento inicial do Fluxo de Valor (MFV)



Fonte: estrutura elaborada pela pesquisadora (2021).

O processo se iniciou com o fornecimento de matéria-prima (tecido não tecido – TNT gramatura 40, arame plastificado, linha 100% poliéster, elástico tecido lycra *beach*). Os pedidos foram realizados pelo setor de compras do Senai Cuiabá. Antes de entrar na linha de produção, tinha-se a quantidade suficiente de estoque, representado pela letra E, para operar durante o período estabelecido.

Assim, a primeira etapa da linha de produção foi a dobra do tecido TNT realizada pelas costureiras, com o tempo de ciclo (T/C) igual a 10 segundos por peça; a próxima etapa foi a costura na primeira lateral, que levou 30 segundos de T/C por peça; depois veio a fixação de clipe nasal, cujo T/C foi de 18 segundos por peça; em seguida, houve a limpeza de costuras e linhas soltas, com T/C de 5 segundos por peça, e, por último, ocorreu a contagem final das máscaras, cujas informações foram anotadas na planilha de cada costureira, para contabilizar sua produtividade, e na planilha de controle geral de produção diária da fábrica.

Nota-se que, a partir da elaboração do MFV, foram identificadas algumas oportunidades de melhoria no processo da fábrica, conforme observado na figura 14, tendo, como exemplo, a aplicação da cultura 5S, pois, no final do dia, observou-se que era possível reduzir a desorganização e exercer um controle de qualidade e uma padronização mais eficazes ao se obedecer a todas as medidas propostas pelo protótipo da máscara. O uso de EPI pelas costureiras passou a ser exigido, pois se observou que algumas estavam sem o protetor auricular. A gestão de estoque também foi melhorada, tendo em vista que se evitou a falta de alguns insumos e as consequentes esperas para iniciar a produção.

Rother e Shook (2003) salientam que o MFV é uma das mais importantes ferramentas do modelo de produção enxuto, pois proporciona uma visão dos processos individuais como

também do fluxo completo, além de auxiliar na detecção das causas de desperdícios dos processos produtivos.

Assim, o MFV consiste em uma ferramenta que evidencia as velocidades nos estágios do processo e os recursos produtivos envolvidos em cada estágio. Surgiu como um valioso suporte à estruturação de um sistema de produção enxuta no chão da fábrica (STEPHANI, 2020).

A aplicação da ferramenta MFV possibilita que as organizações empresariais tenham uma visão de todo o processo e possam direcionar esforços somente para as reais oportunidades de melhoria que trazem resultados e agregação de valor (STEPHANI, 2020).

Dessa forma, fazendo uma leitura dessa ferramenta, percebe-se que o processo apresentava as seguintes etapas críticas, por ordem decrescente de importância: costura da máscara; fixação de clipe nasal e dobra do tecido (figura 14). Além disso, foi possível observar, por meio do mapeamento inicial do processo, tanto a necessidade de organização e limpeza do setor quanto os desperdícios de movimentação e de espera.

4.4 Escolha das ferramentas *lean* adequadas para promover melhorias nos estágios críticos

Após a identificação dos pontos críticos, foi decidido, pelos consultores do IST do Senai MT, que a ferramenta de fluxo contínuo deveria ser utilizada, considerando os desperdícios no tempo de espera e na movimentação que estavam ocorrendo no layout da fábrica inicial. A alteração e a implementação do fluxo contínuo poderiam contribuir para agilizar os processos inerentes à produção. No desenho original, as costureiras precisavam se levantar dos seus postos de trabalho para buscar matéria-prima ou levar seu produto finalizado para o processo de contagem.

O fluxo contínuo poderia ser utilizado tanto para eliminar os desperdícios como também para ganhar maior agilidade e produtividade, facilitando o trabalho dos repositores de matéria-prima e seguindo um fluxo de linha contínua para reposição.

Os maiores gargalos identificados no tempo de espera ocorriam durante a contagem e a verificação da qualidade, que ultrapassavam 10 minutos por costureira, gerando perdas significativas na produtividade.

Dessa forma, com a implementação do fluxo contínuo, o tempo de produção, estoque e custo das operações seriam reduzidos, principalmente na etapa do estoque, uma vez que as máscaras eram contadas apenas no final do dia e as caixas das costureiras estavam cheias, sendo preciso formar fila para a contagem. Assim, ao trabalhar com a manutenção do fluxo contínuo entre os processos, criar-se-ia uma ligação entre eles, tornando-os mais dependentes e interligados bem como estabelecendo uma sinergia e valorização dos elos da cadeia. Como as máscaras eram contadas apenas no final do dia, as caixas das costureiras estavam cheias e precisavam formar fila para a contagem.

Com base na aplicação da ferramenta *lean* para geração de melhorias ocasionadas pelas intervenções nos referidos estágios críticos, como a movimentação e a espera, especialmente nas etapas de alimentação de matéria-prima nos postos de trabalho e na entrega de produção, pôde-se constatar que os ganhos foram, em grande parte, atribuídos à implementação dessa ferramenta.

Ademais, considerando que as costureiras precisavam se levantar para coletar o material necessário à produção e, periodicamente, levavam ao setor de conferência os produtos fabricados para contabilização, partiu-se da premissa de que o estabelecimento do fluxo contínuo resultaria na alavancagem da produtividade da instalação, de modo a atender à demanda do contrato.

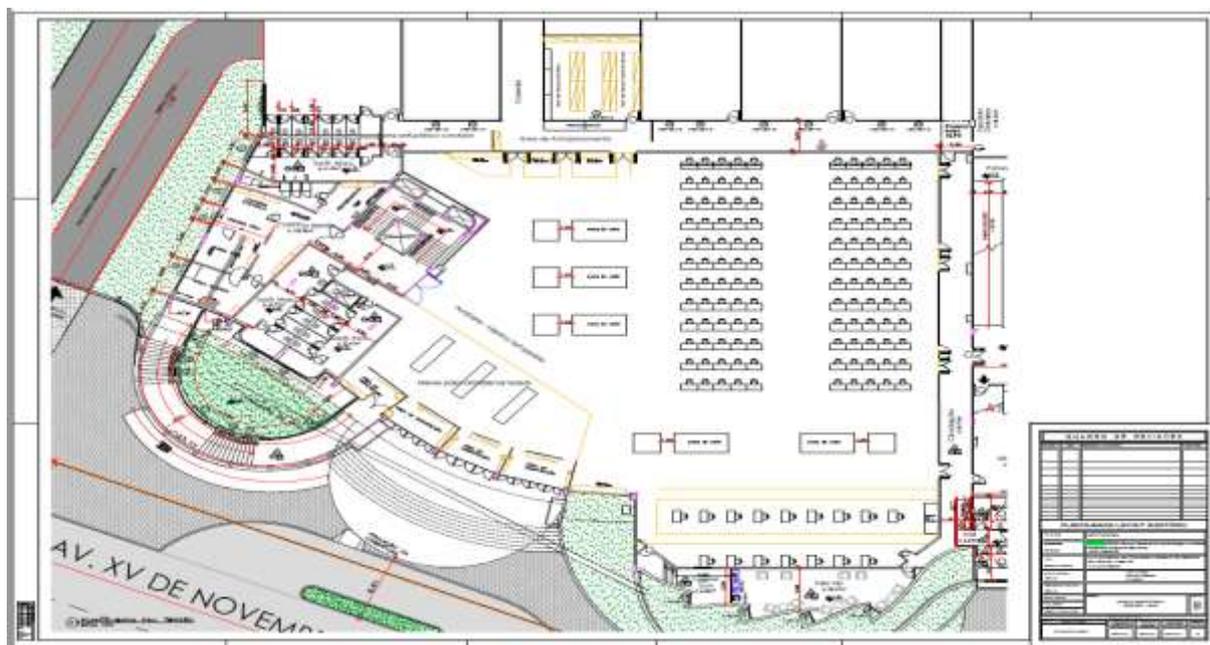
Porém, para o estabelecimento de fluxo contínuo no processo de produção de máscaras, outras intervenções se fizeram necessárias, conforme está descrito adiante.

4.5 Implementação de melhorias nos estágios críticos

4.5.1 Layout da fábrica

Pelo layout inicial, o posicionamento das costureiras era uma atrás da outra, sendo dez costureiras em cada fila, com corredor central dividindo cinco costureiras de cada lado. Percebeu-se que havia 120 máquinas de costura disponíveis nesse layout, pelo motivo de eventual substituição de posto de trabalho, caso fosse necessária a manutenção de alguma máquina, como se apresenta na figura 15.

Figura 15. Planta baixa da fábrica – inicial



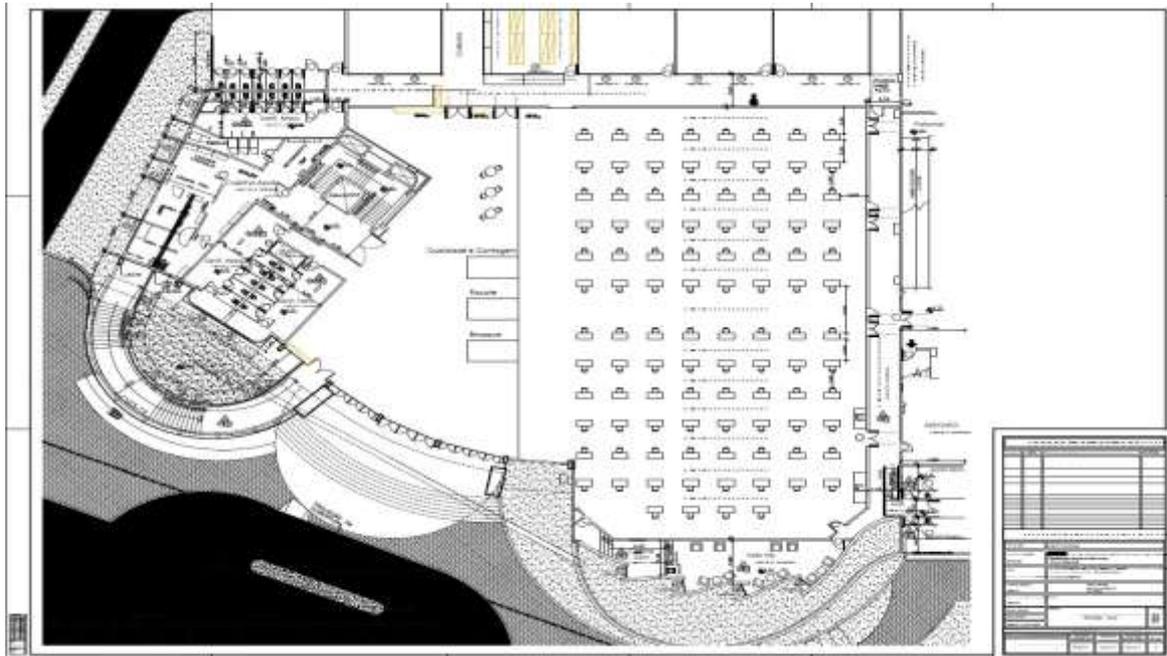
Fonte: estrutura elaborada pela pesquisadora (2021).

Para a introdução de melhorias nas etapas críticas do processo, foram feitas, inicialmente, intervenções no layout da instalação e no processo de fabricação, de modo a favorecer o fluxo contínuo de materiais, como se descreve a seguir.

O layout definido foi elaborado para atender ao procedimento estabelecido por meio das práticas do *lean manufacturing* e às normas de segurança sanitária impostas pela pandemia da covid-19.

A figura 16 apresenta a planta da fábrica em seu layout otimizado. A posição dos postos de trabalho, com uma costureira de frente para outra, distribuídos em 12 colunas com 8 costureiras e 1 coluna excedente com 4, totalizando 100 postos de trabalho. Depreende-se ainda a preocupação em manter corredores entre as fileiras para melhor circulação das profissionais e garantia de um distanciamento adequado entre as costureiras. Foi destinada uma sala de apoio para armazenar as máquinas sobressalentes, que se encontravam em perfeitas condições de uso, possibilitando uma rápida substituição, caso necessário.

Figura 16. Planta baixa da fábrica – final



Fonte: estrutura elaborada pela pesquisadora (2021).

4.5.2 O processo de fabricação

O processo de fabricação da máscara foi planejado e estabelecido de modo que a costureira, com uma única máquina, pudesse realizar todo o procedimento de costura, evitando, assim, não só a necessidade da implantação de células ou linhas de produção como também minimizando gargalos relativos às atividades com diferentes tempos de ciclo.

Com o local de trabalho adequado, observadas todas as especificações técnicas para que as costureiras compreendessem o processo de produção da máscara de TNT, conforme já mencionado, iniciou-se a etapa do estudo de tempos e movimentos, buscando proporcionar mais eficiência operacional, otimização de procedimentos, realização do balanceamento das

etapas realizadas e divisão de todos os movimentos necessários à execução das fases do produto.

Esse trabalho foi realizado a partir da observação contínua das operações executadas pelos profissionais. O resultado foi positivo, pois a produtividade aumentou, houve agilidade nos processos gerais de solução de problemas e, concomitantemente, a possibilidade de mudar o procedimento da elaboração da máscara, trazendo elementos essenciais para aumentar a eficiência da produção sem perder a qualidade desejada.

Nesse novo processo de montagem da máscara, reduziu-se uma operação de costura, pois, no primeiro momento, eram costurados os quatro cantos do TNT que formam a máscara e, nesse novo formato, a costura passou a ser feita em apenas três lados, eliminando-se a costura da parte inferior da máscara sem comprometer a qualidade do produto, conforme se apresenta na figura 17.

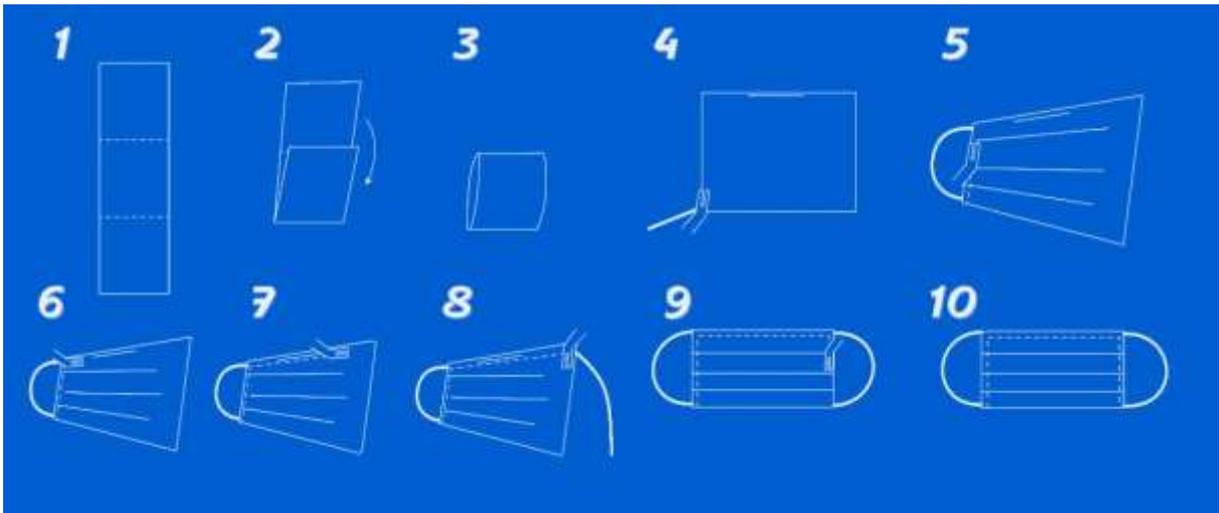
Figura 17. Melhoria no procedimento de costura



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Concomitantemente, a inserção do clipe nasal, que era o processo demorado, tornou-se bem mais rápido depois de modificada a ordem da sequência de produção, pois ele era colocado na dobra superior da máscara, sem a costura, e passou a ser colocado com uma das laterais já costurada, formando as pregas, e com a costura que o deixa fixo já realizada. Esse processo possibilitou um crescimento gradual da produtividade, sem modificar a forma e a eficácia do produto, como mostra a figura 18.

Figura 18. Melhoria no procedimento de costura



Fonte: estrutura elaborada pela pesquisadora (2021).

A seguir, são descritas as etapas representadas na figura 18:

- 1) Abertura do TNT.
- 2) Dobradura do TNT em três partes iguais.
- 3) TNT dobrado.
- 4) Inserção do clipe nasal e a fixação da 1° ponta do elástico direito.
- 5) Inserção da 2° ponta do elástico direito.
- 6) Costura do lado direito
- 7) Costura do clipe nasal e da parte superior da máscara
- 8) Inserção da 1° ponta elástica esquerda;
- 9) Inserção da última ponta do elástico esquerdo e costura da lateral esquerda.
- 10) Apresentação do produto finalizado.

Dessa forma, a parte inferior da máscara não era costurada, reduzindo uma etapa e ganhando tempo. Esse processo possibilitou um crescimento gradual da produtividade, sem modificar a forma e a eficácia do produto.

Esse novo formato de produção também evitava que o produto (máscara) precisasse passar pelas mãos de diversas costureiras, otimizando as ações de prevenção de contaminação entre elas, já que a utilização de certas proteções, como luvas, aumentava o tempo de ciclo de produção, reduzindo a produtividade, e não garantia que a contaminação não pudesse ocorrer, haja vista que a costureira poderia contaminar a luva, mesmo de forma inconsciente, tocando-a em mucosas, por exemplo. Por fim, mas não menos importante, como as costureiras eram avaliadas e bonificadas por produção individual, esta se tornou a

maneira mais justa para que esse indicador fosse dependente exclusivamente da costureira, e não de ações de um grupo.

É interessante ressaltar que o ambiente era amplo, com climatização e circulação de ar, e dispunha de provimento dos itens necessários, como água, café, álcool em gel, toucas, máscaras, banheiros, dentre outros, para todos os colaboradores. Também era disponibilizado o pessoal para manutenção das máquinas e limpeza do ambiente; administrativo para realização das atividades de controle de recursos e pagamentos, além de especialistas, em processo produtivo industrial, para eventuais intervenções necessárias à melhoria dos processos.

As máquinas foram posicionadas lado a lado, com distância adequada entre si, dentro das normas de segurança sanitária determinadas. A cada duas fileiras de máquinas, uma foi posicionada de frente para a outra, distantes entre si, para a criação do corredor de alimentação, sempre atendendo ao distanciamento necessário.

Esse corredor permitia o acesso de um colaborador responsável pelo fornecimento dos insumos para cada costureira, quais sejam: as peças em TNT cortadas, os elásticos e os cliques nasais. Assim, esse colaborador, denominado “abastecedor”, percorria os corredores de alimentação para abastecimento dos insumos, depositando-os em recipientes adequados instalados em cada máquina de costura. Essa atividade não prejudicava o trabalho das costureiras, pois não precisava de qualquer intervenção por parte delas, garantindo, assim, a produção contínua, uma vez que havia sempre insumos disponíveis para produção.

As máscaras produzidas pela costureira eram depositadas em caixas ao lado de cada máquina, que também eram acessadas pelo corredor de alimentação, de forma que o coletor fazia o recolhimento delas, contava-as e validava a contagem junto à costureira, para garantir a isonomia da contabilidade, e, por fim, eram levadas ao local de finalização.

Conforme ilustrado na figura 19, as máscaras eram separadas de 10 em 10 unidades.

Figura 19. Separação das máscaras em 10 unidades



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Logo após a verificação da qualidade e separação de 10 em 10, era montado um pacote contendo 50 unidades, cujas embalagens eram lacradas com fita adesiva, como mostra a figura 20:

Figura 20. Embalagem com 50 unidades



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

As embalagens lacradas eram depositadas em uma caixa, que funcionava como um estoque provisório das máscaras prontas, conforme se observa na figura 21:

Figura 21. Embalagem pronta para entrega



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

E, para finalizar, na embalagem final, eram ensacados 30 pacotes, com 50 máscaras cada um, totalizando 1.500 máscaras por embalagem. Isso facilitou a contagem e o transporte até o cliente: o Hospital Estadual Santa Casa, conforme demonstrado nas figuras 22 e 23:

Figura 22. Embalagem com 1.500 máscaras



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Figura 23. Caminhão de transporte à Santa Casa



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Na chegada ao Hospital Estadual Santa Casa, as máscaras eram autoclavadas para higienização e mantidas embaladas, no total de 50 máscaras por saco, como mostra a figura 24, para posterior distribuição aos demais hospitais do estado.

Figura 24. Embalagem pronta para a distribuição

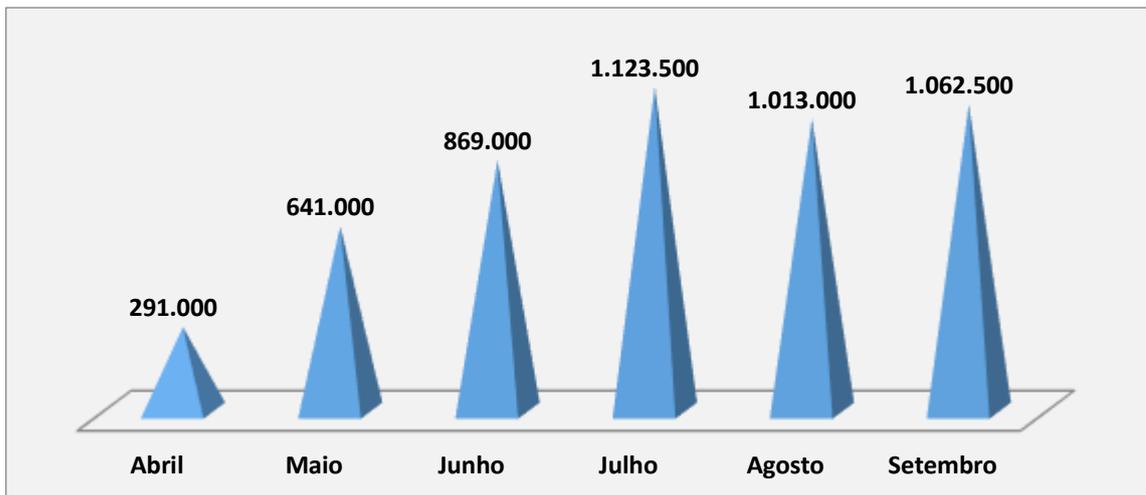


Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Para não gerar estoque na unidade de produção, foram realizadas entregas diárias no Hospital Estadual Santa Casa. Ao todo, no período desta pesquisa, foram feitas 124 entregas, conforme se observa no quadro 3:

A figura 25, a seguir, apresenta a quantidade mensal de máscaras entregues no Hospital Estadual Santa Casa:

Figura 25. Quantidade mensal de máscaras entregues à Santa Casa em 2020



Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

4.5.3 Estabelecimento do fluxo contínuo

Constata-se que a intervenção que mais favoreceu o estabelecimento do fluxo contínuo foi a modificação do layout. A mudança de disposição dos postos de trabalho permitiu um fluxo contínuo de produção, conforme mostrado nas figuras 26 e 27, e o

abastecimento dos insumos, que foi realizado pela equipe de trabalho do Senai MT nos postos das costureiras, cuja ação eliminou tanto o desperdício de movimentação entre as operadoras de costura quanto de espera, uma vez que, quando elas finalizavam os kits, logo já eram reabastecidas.

Figura 26. Disposição original dos postos de trabalho



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Figura 27. Disposição dos postos de trabalho para fluxo contínuo de produção



Fonte: acervo particular da autora (2021).

Além das intervenções no layout e no processo produtivo, voltadas para o estabelecimento do fluxo contínuo, foram adicionalmente implementadas melhorias destinadas à redução de desperdícios com movimentações desnecessárias e com esperas em

demasia, como se descreve a seguir. O conjunto de todas essas intervenções resultou na alavancagem de produtividade da instalação.

As melhorias foram a criação da figura do ‘abastecedor’ de produção, que se tratava de um colaborador responsável exclusivamente por alimentar os postos de trabalho com os materiais necessários, evitando que as operadoras de costura necessitassem fazê-lo, e do ‘coletor’, outro colaborador exclusivo, agora para a atividade de recolhimento da produção de cada costureiro, realizando a contagem e a verificação da qualidade no próprio posto de trabalho, sem comprometer a operação de produção. Com isso, as costureiras não precisavam mais se levantar para essas operações, aumentando significativamente o tempo disponível para produção.

4.5.4 Redução de desperdícios com excesso de movimentação e de controle

Foram organizados kits de produção contendo insumos para a confecção de 50 máscaras, evitando, assim, o excesso de movimentação e de controle, pois, ao iniciar o expediente, as costureiras pegavam seus kits, assinavam uma lista de controle e já se dirigiam aos seus postos de trabalho, não se deslocando mais para pegar os materiais.

4.5.5 Montagem do kit

O kit era composto por três componentes: TNT (tecido não tecido), cliques nasais e elásticos. O clipe nasal era submetido à pesagem, ou seja, cada 29 gramas correspondiam, em média, a 50 unidades de clipe nasal, que era o número exato para conter no kit. Assim, foram adquiridas balanças para que a equipe pudesse pesar esses cliques, deixando-os prontos, na quantidade certa, como mostra a figura 28:

Figura 28. Pesagem dos cliques nasais

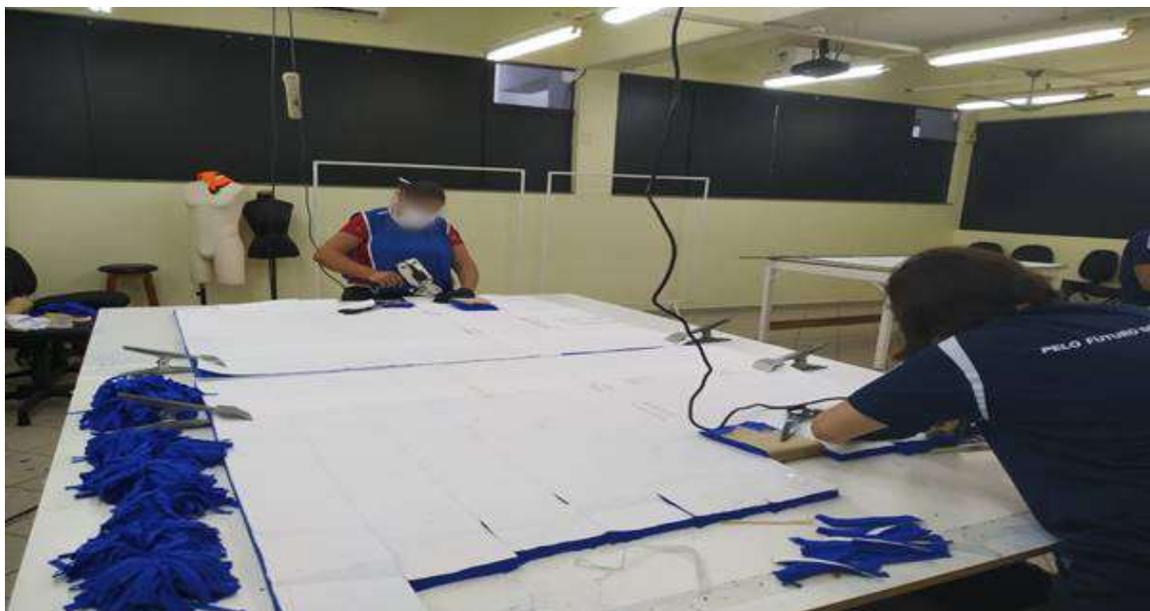


Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Em relação ao elástico, cada kit era composto de 100 unidades, ou seja, dois por máscara. Os kits de elástico já saíam com a quantidade adequada no corte do material. As mesas eram cobertas com 50 camadas de TNT, ou seja, cada mesa de costura recebia uma

quantidade de material correspondente a 50 camadas de material sobrepostas. Então, eram unidos dois maços, totalizando 100 elásticos para fazer 50 máscaras, como mostram as figuras 28 e 29:

Figura 29. Corte do elástico enfiado em 50 camadas



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Figura 30. Corte do elástico enfiado em 50 camadas



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

No contrato com a Secretaria de Saúde de Mato Grosso (SES/MT), foi firmado que os elásticos fossem de cor branca, buscando compor a máscara por completo na mesma cor, contudo tivemos problemas de fornecimento de elástico na cor solicitada. Como utilizamos um tecido lycra beach, que também serve para confeccionar roupas no estilo moda praia, o

estoque de branco era pequeno devido à baixa tendência de se consumir biquínis e maiôs nessa cor.

Assim, tivemos que solicitar ao cliente a permissão para utilizar um tecido de cor azul na confecção da máscara. Essa cor foi usada durante um mês para que o fornecedor do estado de Santa Catarina pudesse confeccionar mais tecido lycra *beach* da cor branca.

Para o TNT, o enfesto (sobreposição) também tinha 50 camadas, dessa forma, os kits com 50 unidades já saíam prontos para a montagem, como mostra a figura 31:

Figura 31. Corte do tecido enfestado em 50 camadas



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

Em relação ao corte do TNT, contratamos um especialista em corte para que pudesse treinar e ensinar os colaboradores do Senai, pois, nas duas primeiras experiências, tivemos muitos desperdícios e retrabalhos nessa função, uma vez que o corte fora do padrão prejudica o rendimento e a qualidade do produto.

A figura 32 mostra os kits já montados:

Figura 32. Kits para produção de 50 máscaras



Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

4.5.6 Redução de desperdícios com esperas

Os kits de produção também foram utilizados para eliminar os desperdícios com espera, pois, após as costureiras retirarem seus kits e antes mesmo de acabar o processamento total, os postos de trabalho já eram abastecidos para que não ficassem esperando os insumos para produzir.

Assim, outro ponto importante a ser destacado nesse processo de eliminação do desperdício está relacionado ao controle em cada linha de produção, tendo em vista que uma pessoa da equipe do Senai MT passava contando toda a produção. Dessa forma, as costureiras não precisavam parar e visualizar o que estava sendo contado para assinar a ficha de controle. Esse procedimento evitava a espera entre o processo de produção das máscaras e a contagem.

Figura 33. Kits para produção de 50 máscaras

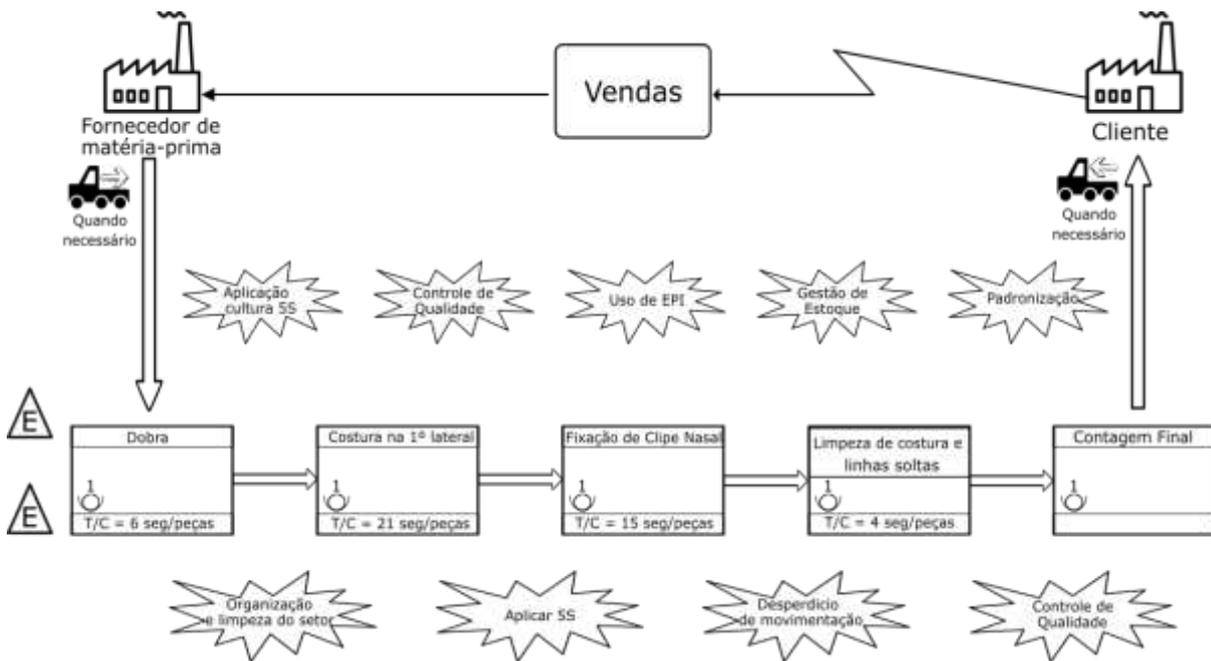


Fonte: acervo particular da pesquisadora (2021).

4.6 Mapeamento do processo de produção no “estado final”, apontando as melhorias de produtividade obtidas

Para identificar o “estado final” do processo, utilizamos novamente a ferramenta do *lean manufacturing* chamada Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV). Com ela, pôde-se perceber as melhorias obtidas em cada etapa crítica, como apresentado na figura 34.

Figura 34. Mapeamento final do Fluxo de Valor (MFV)



Fonte: estrutura elaborada pela pesquisadora (2021).

A figura apresenta as melhorias que ocorreram no processo de fabricação da máscara:

- Dobra do tecido TNT: T/C de 10 segundos por peça passou para T/C de 6 segundos por peça.
- Costura lateral: T/C de 30 segundos por peça passou para T/C de 21 segundos por peça.
- Fixação do clipe nasal: T/C de 18 segundos por peça passou para T/C de 15 segundos por peça.
- Limpeza de costura e linhas soltas: T/C de 5 segundos por peça passou para T/C de 4 segundos por peça.

Além das reduções nos tempos dos estágios de fabricação da máscara, também foi aplicada a ferramenta de ordenamento e limpeza 5S, resultando, como foi visto, na organização do controle de qualidade e na padronização quanto à observância das medidas propostas pelo protótipo da máscara. Obteve-se ainda melhorias na gestão de estoque, com duas contagens por dia no posto de trabalho da costureira e melhorias na aquisição de insumos e no corte de TNT e elástico.

No “estado atual”, todo o processo de costura apresentava um T/C de 63 segundos por peça. Já no “estado final”, tem-se um T/C de 46 segundos por peça, ou seja, um avanço de 27% na produtividade do processo de costura. Nas figuras 35 a 39, apresentam-se gráficos que registram a alavancagem da produtividade na produção de máscaras ao longo do tempo.

Figura 35. Produção diária de máscara em maio de 2020



Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

A média diária de produção, em maio de 2020, foi de 27.476 máscaras, com um avanço em relação ao mês anterior de 13.337 unidades por dia. Os dias que apresentaram menor produção, em geral, corresponderam aos sábados, dia este no qual muitas costureiras não compareciam para trabalhar, como pode ser verificado nos dias 9 e 16.

Contudo, esse comportamento se alterava nos últimos dois sábados do mês, quando as costureiras buscavam produzir mais, fato esse que acreditamos estar associado à garantia de um recebimento um pouco maior no início do próximo mês, conforme se pode observar nos dias 23 e 30.

Figura 36. Produção diária de máscara em junho de 2020



Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

A média diária de produção, em junho de 2020, foi de 34.464 máscaras, com um avanço em relação ao mês anterior de 6.988 unidades por dia. Percebeu-se também que a produção diária ficou mais constante e com menos picos, ou seja, a produção começou a se estabilizar e as costureiras já tinham uma média diária de produção mais constante.

Figura 37. Produção diária de máscara em julho de 2020



Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

A média diária de produção, em julho de 2020, passou para 42.450 máscaras, representando um aumento em relação ao mês anterior de 7.986 unidades por dia. Nesse mês, atingiu-se a quantidade de 3 milhões de máscaras.

Depois das melhorias implementadas, os resultados da fábrica foram melhorando mês a mês, como pode ser constatado nas figuras 38 e 39.

Figura 38. Produção diária de máscara em agosto de 2020



Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

Figura 39. Produção diária de máscara em setembro de 2020



Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

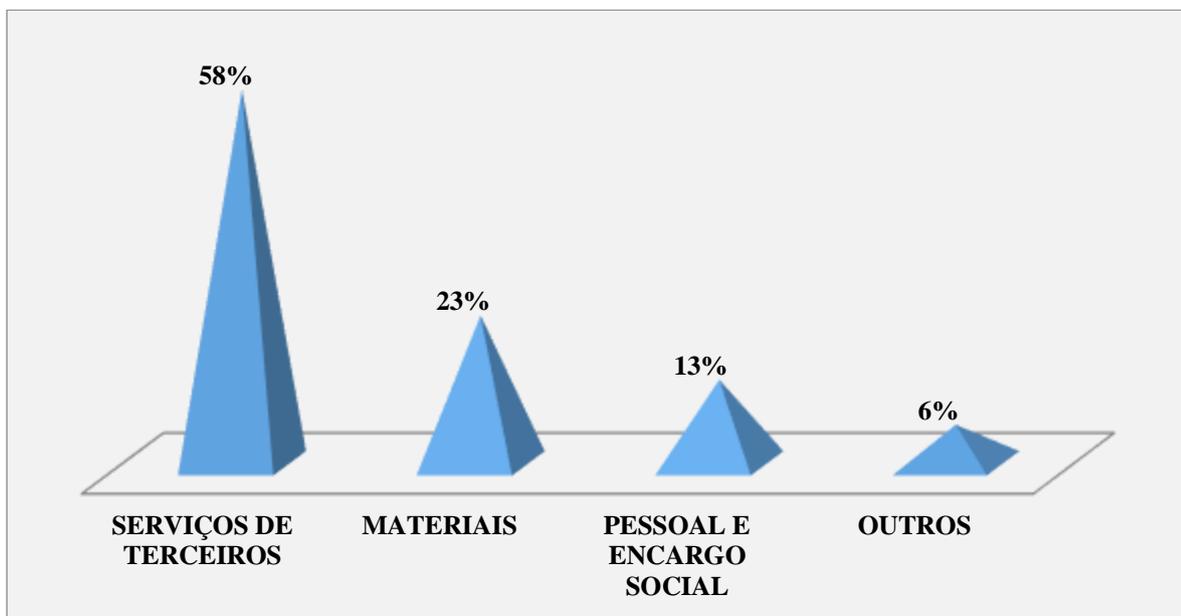
Houve uma evolução de produção média diária de 14.139 máscaras em abril para 59.748 em setembro, o que equivale a um crescimento de 422% de produção diária. Isso significa que, em abril, cada costureira produzia diariamente 41 máscaras diárias e, em setembro, a produção diária passou a ser de 171 máscaras por pessoa. Essa foi a evidência concreta da alavancagem da produtividade da instalação, obtida com a implantação da metodologia *lean* de produção.

Do total produzido (5 milhões de máscaras), 2.552.254 máscaras foram confeccionadas na fábrica com 100 costureiras, o que representa 51% da produção. Já as facionistas, que eram 250, produziram 2.447.746 máscaras, o que corresponde a 49% da produção total.

4.6.1 Despesas do projeto

As despesas do projeto estão distribuídas conforme se apresenta na figura 40.

Figura 40. Despesas do projeto



Fonte: elaborado pela pesquisadora (2021).

- Serviços de terceiros: teve-se uma despesa de R\$ 2.610.000, significando que cada costureira recebeu R\$ 0,52 por máscara confeccionada.
- Materiais: teve-se uma despesa de R\$ 1.035.000, significando R\$ 0,21 por máscara confeccionada. Aqui consideramos TNT, elástico, clipe nasal e linha.
- Pessoal e encargo social: teve-se uma despesa de R\$ 585.000, correspondendo aos empregados do Senai MT que trabalhavam na fábrica.
- Outros: teve-se uma despesa de R\$ 270.000 com embalagens, alimentação para as costureiras, tesouras, EPIs, álcool em gel, comemorações de atingimento de meta e premiação para o melhor desempenho mensal.

5 Considerações finais

A pandemia causada pela covid-19 tem acarretado drásticos impactos sociais e econômicos em todo o mundo. A adaptação da sociedade a esse evento histórico em curso e todas as pressões negativas que ele incorporou fizeram com que as empresas se adaptassem a essa nova realidade, alterando seus processos produtivos, direcionando mais recursos para a gestão de conhecimentos, implantando novas tecnologias, entre outros. Portanto, a adaptação às mudanças da demanda fez com que as empresas de manufatura alterassem o foco de seus processos produtivos.

Tendo isso em vista, considera-se que o objetivo proposto neste trabalho foi atingido, uma vez que se investigou um processo produtivo de máscaras de proteção individual de uma fábrica de campanha no estado do Mato Grosso e a alavancagem de sua produtividade em condição de emergência. Verificou-se que, por meio da proposição de melhorias advindas de ferramentas e técnicas da manufatura enxuta, a produtividade diária de máscaras teve um acréscimo de mais de 400% ao se comparar o primeiro e o último mês observados no estudo. Logo, foi possível atingir a meta de produção imposta de fabricar 5 milhões de máscaras de proteção individual em 180 dias. Em relação às despesas, todo o recurso foi destinado às compras de insumos, aos pagamentos das costureiras, aos pagamentos de salário e outros, tudo conforme acordado em contrato.

Quando a fábrica de campanha começou a operar, no mês de abril de 2020, já se tinha o protótipo da máscara aprovada pela SES/MT e a quantidade a ser entregue em apenas 180 dias (5 milhões de máscaras), sendo que a entrega deveria ser diária junto ao Hospital Estadual Santa Casa, responsável pela distribuição e abastecimento dos demais hospitais do estado, porém, conhecia-se a meta, mas não a produção real confeccionada por dia. Dessa forma, para alavancar a produtividade, utilizamos, em nosso processo produtivo, as ferramentas *lean*.

O *lean manufacturing* concentra-se na identificação e na eliminação das formas de desperdícios de recursos produtivos de quaisquer naturezas, em toda a cadeia de abastecimento, com a aplicação adequada de suas ferramentas e técnicas.

No presente caso, o Mapeamento de Fluxo de Valor foi a ferramenta *lean* fundamental para a realização de diagnósticos (“estado atual”) e previsões (“estado futuro”). O fluxo contínuo foi a ferramenta *lean* escolhida para que se alavancasse a produtividade da instalação aos níveis exigidos pelo contrato de fornecimento.

A implementação do fluxo contínuo exigiu, de início, um conjunto de intervenções de melhorias no processamento, que foram feitas nas atividades de costura da máscara, fixação do clipe nasal e dobra do tecido. Porém, as melhorias mais eficazes para que se estabelecesse um fluxo contínuo na instalação originaram-se de alterações de layout dos postos de trabalho. Adicionalmente, melhorias foram promovidas também com a redução de movimentações de materiais e pessoas e com a redução de esperas desnecessárias.

Esse conjunto de intervenções garantiu o estabelecimento do fluxo contínuo, que, por sua vez, resultou na alavancagem de 400% na produtividade da fábrica de máscaras.

É importante destacar que, para aprimorar o desempenho, o pensamento *lean* deve levar a melhoria coletiva a todas as atividades da cadeia de suprimentos, desde o fornecedor até o cliente. Os relacionamentos eficazes entre clientes e fornecedores são amplamente reconhecidos como cruciais na implementação bem-sucedida dos princípios do *lean manufacturing* para atingir um alto nível de eficiência e eficácia no sistema.

Tendo em vista isso, é notório que o *lean manufacturing*, criado na indústria automobilística, tem sido amplamente utilizado em diversos contextos, por exemplo, na produção de alimentos e fabricação de bebidas, no setor de atividade de saúde e assistência social, na administração, na educação, no setor têxtil e de confecção (caso do presente estudo), entre outros.

Por fim, a aplicação de ferramentas e técnicas *lean* a diferentes contextos, conforme relatado na revisão bibliográfica deste estudo, evidencia a importância do *lean manufacturing*, que apresenta instrumentos adequados quando se busca eliminar desperdícios e alavancar a produtividade.

Sendo assim, a partir dos resultados alcançados neste caso, verifica-se que a implantação das ferramentas *lean* na fábrica de máscaras cirúrgicas, mostrou-se essencial para alcançar o êxito no contrato de produção firmado.

As 5 milhões de máscaras foram distribuídas para 9 hospitais estaduais de Mato Grosso, sendo 3 de grande porte, que representam, individualmente, 15% da demanda, totalizando 75.000 máscaras recebidas durante o contato; 4 de porte médio, que representam, cada um, 11% da demanda, os quais receberam 55.000 máscaras durante os 6 meses e 2 hospitais de porte pequeno, que representam 5,5% cada e receberam 27.500 mil máscaras. Os números comprovam que o projeto salvou vidas em todas as regiões de Mato Grosso e que, nesses hospitais, não ocorreu a falta desse EPI nos momentos mais críticos vividos durante a pandemia.

5.1 Sugestões para futuros trabalhos

Em se tratando de um estudo embrionário, abre-se a possibilidade de trabalhos futuros, por meio de novas pesquisas, para se investigar a utilização das ferramentas *lean* em empresas de diversas indústrias. Mesmo no contexto da fábrica de campanha, pode-se abrir a oportunidade de pesquisa em relação à motivação das costureiras para alavancar a produtividade e em relação ao perfil social das costureiras que fazem parte do projeto.

Ressalta-se a relevância deste trabalho, dado que, no início da pandemia causada pela covid-19, diversos países apresentaram dificuldades na preparação para situações de emergência. No primeiro mês da pandemia, houve uma escassez global de equipamentos de proteção individual, como máscaras, causando um aumento nos casos de infecção e, conseqüentemente, muitas mortes.

Portanto, um estudo que indique uma maneira efetiva de aumentar a produtividade de instalações que fabricam itens essenciais no combate à pandemia se mostrou relevante. Ressalta-se ainda que a metodologia empregada na realização deste estudo pode ser replicada para os mais diversos segmentos, com os devidos ajustes ao contexto observado. Por fim, sugere-se um estudo de tempos e movimentos para a produção de máscaras, com o objetivo de reduzir ainda mais o *lead time* e, conseqüentemente, aumentar a produtividade. Além disso, indica-se que as empresas construam planos de continuidade de negócios, com o intuito de melhorar a gestão de crises provocadas por eventos adversos como pandemias.

Logo após, foram entregues as 5 milhões de máscaras, ainda no ano de 2020, e recebeu-se o desafio da confecção de 1 milhão de capotes hospitalares, dando seqüência às atividades na fábrica já montada. Contudo, por se tratar de outro produto, um novo caminho foi percorrido e houve a necessidade de adequar as ferramentas *lean* a partir de um novo estudo para alavancar a produção diária.

Tendo em vista o exposto, apesar de haver alguns estudos que abordam a manufatura enxuta no contexto da indústria têxtil, ainda se verifica a necessidade de mais pesquisas que tratem da manufatura enxuta em ambientes industriais têxteis, em especial, no contexto brasileiro.

Referências

- ÁLVAREZ, R.; CALVO, R.; PEÑA, M. M.; DOMINGO, R. Redesigning an assembly line through lean manufacturing tools. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 43, n. 1, p. 949-958, 2009. <https://doi.org/10.1007/s00170-008-1772-2>.
- ANAND, G.; KODALI, R. Selection of lean manufacturing systems using the analytic network process: a case study. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 2, p. 258-289, 2009. <https://doi.org/10.1108/17410380910929655>.
- ANAND, G.; KODALI, R. Design of lean manufacturing systems using value stream mapping with simulation. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 22, n. 4, p. 44-473, 2011.
- ANTONY, J. Six Sigma vs Lean: Some perspectives from leading academics and practitioners. **International Journal of Productivity and Performance Management**, v. 60, n. 2, 2011. <https://doi.org/10.1108/17410401111101494>.
- ARAGÃO, J. P. S.; SANTOS, K. O.; ARAÚJO FILHO, C. M.; WANDERLEY, M. C. G.; HOLANDA, C. L. S. Identificação de perdas baseadas na filosofia do Sistema Toyota de Produção: um estudo de caso em uma empresa de confecção. **XXXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Joinville, SC, 2017.
- ARKADER, R. The perspective of suppliers on lean supply in a developing country context. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 12, n. 2, p. 87-93, 2001. <https://doi.org/10.1108/09576060110384280>.
- ATKINSON, P.; MUKAETOVA-LADINSKA, E. B. Nurse-led liaison mental health service for older adults: service development using lean thinking methodology. **Journal of Psychosomatic Research**, v. 72, n. 1, p. 328-331, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychores.2011.11.018>.
- BORTOLOTTI, T.; ROMANO, P. Lean first, then automate: a framework for process improvement in pure service companies. A case study. **Production Planning & Control: The Management of Operations**, v. 23, n. 7, p. 513-522, 2012. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.640040>.
- BOWEN, E. D.; YOUNGDAHL, E. W. 'Lean' service: in defense of a production-line approach. *International Journal of Service Industry Management*, v.9, n.3, p. 207-225, 1998. <https://doi.org/10.1108/09564239810223510>
- BOYLE, T. A.; SCHERRER-RATHJE, M. An empirical examination of the best practices to ensure manufacturing flexibility: lean alignment. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 20, n. 3, p. 348-366, 2009. <https://doi.org/10.1108/17410380910936792>.
- BRAGLIA, M.; CARMIGNANI, G.; ZAMMORI, F. A new value stream mapping approach for complex production systems. **International Journal of Production Research**, v. 44, n. 18, p. 3929-3952, 2006. <https://doi.org/10.1080/00207540600690545>.

BROWN, A.; EATOCK, J.; DIXON, D.; MEENAN, B. J.; ANDERSON, J. Quality and continuous improvement in medical device manufacturing. **The TQM Magazine**, v. 20, n. 6, p. 541-555, 2008. <https://doi.org/10.1108/17542730810909329>.

BRUCE, M.; DALY, L.; TOWERS, N. Lean or agile, a solution for supply chain management in the textiles and clothing industry. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, n. 2, p. 151-170, 2004. <https://doi.org/10.1108/01443570410514867>.

CASTRO, F.; FIGUEIREDO, P. S.; PEREIRA-GUIZZO, C; PASSOS F. U. Effect of the motivational factor on lean manufacturing performance: the case of a multinational consumer goods company. **Gestão & Produção**, v. 26, n. 3, e4850, 2019. <https://doi.org/10.1590/0104-530x4850-19>.

CHEN, L.; MENG, B. **The application of value stream mapping based lean production system.** *International Journal of Business and Management*, v. 5, n. 6, p. 203-209, 2010.

COMM, C. L.; MATHAISEL, D. F. X. An exploratory analysis in applying lean manufacturing to a labor-intensive industry in China. **Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics**, v. 17, n. 4, p. 63-80, 2005. <https://doi.org/10.1108/13555850510672430>.

COOPER, J. J. JR. The integration of lean manufacturing competency-based training course into university curriculum. **Online Journal of Workforce Education and Development**, v. 4, n. 1, p. 1-12, 2009.

COSTA, C.C.F. A manufatura enxuta e seu impacto em micro, pequenas e médias empresas brasileiras. Dissertação (Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial) – Programa de Pós-Graduação, Centro Universitário SENAI CIMATEC, Salvador, 2020.

CRUZ, R. S.; FIGUEIREDO, P. S.; PASSOS, F. U.; SOUZA, E. R. L. C. Operational impacts of lean manufacturing: the case of a consumer goods industrial company. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 14, n. 4, p. 279 - 304, 2019. <https://doi.org/10.15675/gepros.v14i4.2362>.

DELGADO, C.; FERREIRA, M.; BRANCO, M. C. The implementation of lean six sigma in financial services organizations. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 21, n. 4, p. 512-523, 2010. <https://doi.org/10.1108/17410381011046616>.

DENTZ, J.; NAHMENS, I.; MULLENS, M. Applying lean production in factory home building. **City Space: A Journal of Policy Development and Research**, v. 11, n. 1, p. 81-104, 2009.

EMILIANI, M. L.; STEC, D. J. Using value-stream maps to improve leadership. **The Leadership & Organization Development Journal**, v. 25, n. 8, p. 622-645, 2004. <https://doi.org/10.1108/01437730410564979>.

FULLERTON, R. R.; WEMPE, W. F. Lean manufacturing, non-financial performance measures, and financial performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 23, n. 3, p. 214-240, 2009.

FURTERER, S.; ELSHENNAWY, A. K. Implementation of TQM and lean six sigma tools in local government: a framework and a case study. **Total Quality Management**, v. 16, n. 10, p. 1179-1191, 2005. <https://doi.org/10.1080/14783360500236379>.

GHINATO, P. Produção & Competitividade: Aplicações e Inovações. ALMEIDA, A. (Org.); SOUZA, F. (org.). **Produção e Competitividade**: aplicações e inovações. Recife: Universitária, 2000.

GNANARAJ, S. M.; DEVADASAN, S. R.; MURUGESH, R.; SREENIVASA, C. G. Sensitisation of SMEs towards the implementation of Lean Six Sigma - an initialisation in a cylinder frames manufacturing Indian SME. **Production Planning & Control**, v. 23, n. 8, p. 599-608, 2011. <https://doi.org/10.1080/09537287.2011.572091>.

GREWAL, C. An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company. **International Journal of Manufacturing Technology and Management**, v. 15, p. 404-17, 2008. <https://doi.org/10.1504/IJMTM.2008.020176>.

GROVE, A. L.; MEREDITH, J. O.; MACINTYRE, M.; ANGELLIS, J.; NEAILEY, K. Lean implementation in primary care health visiting services in National Health Service UK. **Quality Safety Health Care**, v. 19, n. 1, p. 1-5, 2011. <http://dx.doi.org/10.1136/qshc.2009.039719>.

HALLGREN, M.; OLHAGER, J. Lean and agile manufacturing; external and internal drivers and performance outcomes. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 10, p. 976-999, 2009. <https://doi.org/10.1108/01443570910993456>.

HINES P.; RICH, N. The seven value stream mapping tools. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 17, n. 1, p. 46-64, 1997. <https://doi.org/10.1108/01443579710157989>.

HODGE, G. L.; GOFORTH, R. K.; JOINES, J. A.; THONEY, K. Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. **Production Planning & Control**, v. 22, n. 3, p. 237-247, 2011. <https://doi.org/10.1080/09537287.2010.498577>.

JADHAV, J. R.; MANTHA, S. S.; RANE, S. B. Exploring barriers in lean implementation. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 2, p. 122-148, 2014. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2012-0014>.

JAYARAM, J.; VICKERY, S.; DROGE, C. Relationship building, lean strategy, and firm performance: an exploratory study in the automotive supplier industry. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 20, p. 5633-5649, 2008.

JENSEN, S. H.; JENSEN, K. H. Implementing of Lean manufacturing in SME companies. **International Conference on Economic Engineering and Manufacturing Systems Brasov**, v. 8, n. 21, p. 305-308, 2007.

JIMÉNEZ, E.; TEJEDA, A.; PÉREZ, M.; BLANCO, J.; MARTÍNEZ, E. Applicability of lean production with VSM to the Rioja wine sector. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 7, p. 1890-1904, 2011. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.561370>.

JOHANSEN, E.; WALTER, L. Lean construction: prospects for the German construction industry. **Lean Construction Journal**, v. 3, n. 1, p. 19-32, 2007.

KOSKY, P.; BALMER, R., KEAT, W.; WISE, G. Manufacturing Engineering. **Exploring Engineering**, p. 259-291, 2021. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-04445-9>.

LASA, I. S.; LABURU, C. O.; DE CASTRO VILA, R. An evaluation of the value stream mapping tool. **Business Process Management Journal**, v. 14, n. 1, p. 39-52, 2008. <https://doi.org/10.1108/14637150810849391>.

LATHIN, D. Lean manufacturing. **American Society for Quality Journal**, v. 12, p. 2-9, 2001.

LIAN, Y.-H.; LANDEGHEM, H. V. Analysing the effects of Lean manufacturing using a value stream mapping-based simulation generator. **International Journal of Production Research**, v. 45, n. 13, p. 3037-3058, 2007. <https://doi.org/10.1080/00207540600791590>.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LOSONCI, D.; DEMETER, K.; JENEI, I. Factors influencing employee perceptions in lean transformations. **International Journal of Production Economics**, v. 131, n. 1, p. 30-43, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.12.022>.

LUMMUS, R. R.; VOKURKA, R. J.; RODEGHIER, B. Improving quality through value stream mapping: a case study of a physician's clinic. **Total Quality Management and Business Excellence**, v. 17, n. 8, p. 1063-1075, 2006. <https://doi.org/10.1080/14783360600748091>.

MING-TE, L.; KUO-CHUNG, M. A.; PAN, W. T. Using data mining technique to perform the performance assessment of lean service. **Neural Computing and Application**, v. 22, n. 7-8, p. 1433-1445, 2013. <https://doi.org/10.1007/s00521-012-0848-y>.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção: Uma abordagem integrada ao Just in Time**. Ed. Bookman: Porto Alegre, 2015.

NYSTUEN, T. Big results with less. **Quality Progress**, v. 35, n. 10, p. 51-55, 2002.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção além da produção em larga escala**. Ed. Bookman: Porto Alegre, 1997.

PASCAL, D. **Produção Lean Simplificada**. Ed. Bookman: Porto Alegre, 2008.

PAVNASKAR, S. J.; GERSHENSON, J. K.; JAMBEKAR, A. B. Classification scheme for lean manufacturing tools. **International Journal of Production Research**, v. 41, n. 13, p. 3075-3090, 2003.

PEREZ, C.; DE CASTRO, R.; SIMONS, D.; GIMENEZ, G. Development of lean supply chains: a case study of the Catalan pork sector. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 15, n. 1, p. 55-68, 2010. <https://doi.org/10.1108/13598541011018120>.

PIERCY, N.; RICH, N. Lean transformation in the pure service environment: the case of the call service centre. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 29, n. 1, p. 54-76, 2009. <https://doi.org/10.1108/01443570910925361>.

POOL, A.; WIJINGAARD, J.; ZEE, D. J. Lean planning in the semi-process industry: a case study. **International Journal of Production Economics**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.04.040>.

PSYCHOGIOS, A. G.; ATANASOVSKI, J.; TSIRONIS, L. K. Lean Six Sigma in a service context: a multi-factor application approach in the telecommunications industry. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 29, n. 1, p. 122-139, 2012. <https://doi.org/10.1108/02656711211190909>.

PUVANASVARAN, P.; MEGAT, H.; HONG, T. S.; RAZALI, M. The roles of communication process for an effective lean manufacturing implementation. **Journal of Industrial Engineering Management**, v. 2, n. 1, p. 128-152, 2009.

RAMESH, V.; KODALI, R. A decision framework for maximising lean manufacturing performance. **International Journal of Production Research**, v. 50, n. 8, p. 2234-2251, 2011. <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.564665>.

RASHID, A. H. A.; SHAARI, M. F.; ZAKWAN, N. M. Z.; BASRI, N. F. H. Lean manufacturing assessment in Malaysia small medium enterprise: a case study. **World Engineering Congress, Conference on Manufacturing Technology Management**, August 2-5, 2010.

ROBERTSON, M.; JONES, C. Application of lean production and agile manufacturing concepts in a telecommunications environment. **International Journal of Agile Management Systems**, v. 1, n. 1, p. 14-16, 1999. <https://doi.org/10.1108/14654659910266664>.

ROBINSON, S.; RADNOR, Z. J.; BURGESS, N.; WORTHINGTON, C. SimLean: utilising simulation in the implementation of lean in healthcare. **European Journal of Operational Research**, v. 219, n. 1, p. 188-197, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.12.029>.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to see: value stream mapping to add value and eliminate muda**. Lean Enterprise Institute, 2003.

SAURIN, T. A.; MARODIN, G. A.; RIBEIRO, J. L. D. A framework for assessing the use of lean production practices in manufacturing cells. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 11, p. 3211-3230, 2011. <https://doi.org/10.1080/00207543.2010.482567>.

SCHONBERGER, R. J. Japanese production management: An evolution-With mixed success. **Journal of Operations Management**, v. 25, n. 2, p. 403-419, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2006.04.003>.

SETH, D.; GUPTA, V. Application of value stream mapping for lean operations and cycle time reduction: an Indian case study. **Production Planning & Control**, v. 16, p. 44-59, 2005. <https://doi.org/10.1080/09537280512331325281>.

SETH, D.; SETH, N.; GOEL, D. Application of value stream mapping (VSM) for minimization of waste in the processing side of supply chain of cottonseed oil industry in Indian context. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 19, n. 4, p. 529-550, 2008. <https://doi.org/10.1108/17410380810869950>.

SHAH, R.; CHANDRASEKARAN, A.; LINDERMAN, K. In pursuit of implementation patterns: the context of Lean and Six Sigma. **International Journal of Production Research**, v. 46, n. 23, p. 6679-6699, 2008.

SHAHIN, A. A conceptual model of group technology and lean production for productivity enhancement. **European Journal of Business and Management**, v. 1, n. 1, p. 42-54, 2011.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da engenharia de produção**. Ed. Bookman: Porto Alegre, 1996.

SILVA, I. B.; MIYAKE, D. I.; BATOCCHIO, A.; AGOSTINHO, O. L. Integrando a promoção das metodologias Lean Manufacturing e Six Sigma na busca de produtividade e qualidade numa empresa fabricante de autopeças. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 4, p. 687-704, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2011000400002>.

SILVA, I. B.; BATALHA, G. F.; FILHO, M. S.; CECCARELLI, F. Z.; ANJOS, J. B.; FESZ, M. Integrated product and process system with continuous improvement in the auto parts industry. **Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering**, v. 34, n. 2, p. 204-210, 2009.

SIMONS, D.; ZOKAEI, K. Application of lean paradigm in red meat processing. **British Food Journal**, v. 107, n. 4, p. 192-211, 2005. <https://doi.org/10.1108/00070700510589495>.

SINGH, B.; GARG, S. K.; SHARMA, S. K. Value stream mapping: literature review and implications for Indian industry. **International Journal Advanced Manufacturing Technology**, v. 53, n. 1, p. 799-809, 2011. <https://doi.org/10.1007/s00170-010-2860-7>.

SINGH, R. Lean manufacturing: changing paradigms in product manufacturing, design & supply. **The Third International Conference on Quality Management**, 1998.

STAATS, B. R.; BRUNNER, D. J.; UPTON, D. M. Lean principles, learning, and knowledge work: evidence from a software service provider. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 1, p. 376-390, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2010.11.005>.

TAJ, S. Applying lean assessment tools in Chinese hi-tech industries. **Management Decision**, v. 43, n. 4, p. 628-643, 2005. <https://doi.org/10.1108/00251740510593602>.

TAYLOR, D. H. Value chain analysis: an approach to supply chain improvement in agro-food chains. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 35, n. 10, p. 744-761, 2005. <https://doi.org/10.1108/09600030510634599>.

VILLA, D. **Automation, Lean, Six Sigma: synergies for improving laboratory efficiency**. *Journal of Medical Biochemistry*, v.29, n.4, p. 339-348, 2010. <https://doi.org/10.2478/v10011-010-0038-3>.

VINODH, S.; ARVIND, K. R.; SOMANAATHAN, M. Application of value stream mapping in an Indian camshaft manufacturing organization. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 21, n. 7, p. 888-900, 2010. <https://doi.org/10.1108/17410381011077973>.

WEE, H. M.; WU, S. Lean supply chain and its effect on product cost and quality: a case study on Ford Motor Company. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 14, n. 5, p. 335-341, 2009. <https://doi.org/10.1108/13598540910980242>.

WHO. World Health Organization. **Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report - 52**. 2020 Geneva: World Health Organization. March 12. Disponível em: https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/situation-reports/20200312-sitrep-52-covid-19.pdf?sfvrsn=e2bfc9c0_4. Acesso em: 19 nov. 2021.

WOMACK, J.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A Máquina que Mudou o Mundo: baseado no estudo do Massachusetts Institute of Technology sobre o futuro do automóvel**. 7. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

WONG, Y. C.; WONG, K. Y.; ALI, A. A study on lean manufacturing implementation in the Malaysian electrical and electronics industry. **European Journal of Scientific Research**, v. 38, n. 4, p. 521-535, 2009.

YANG, T.; LU, J.C. The use of a multiple attribute decision-making method and value stream mapping in solving the pacemaker location problem. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 10, p. 2793-2817, 2011.

YU, H.; TWEED, T.; AL-HUSSEIN, M.; NASSERI, R. Development of lean model for house construction using value stream mapping. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 135, n. 8, p. 782-790, 2009. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2009\)135:8\(782\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(2009)135:8(782)).

Anexo A – Certificação de artigo publicado na Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO)

TÍTULO: ALAVANCAGEM DA PRODUTIVIDADE NA CONFEÇÃO DE MÁSCARAS FACIAIS CONTRA COVID-19 EM REGIME DE EMERGÊNCIA: UM ESTUDO DE CASO

Autores: Mozara Spencer Guerreiro; Francisco Uchoa Passos

28/10/2021 18:08

Certificado



CERTIFICA QUE

mozara spencer guerreiro

participou do **XLI Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP 2021)**, "Contribuições da Engenharia de Produção para a Gestão de Operações Energéticas Sustentáveis", realizado em plataforma online, nos dias 18 a 21 de outubro de 2021, atendendo à(s) seguinte(s) atividade(s):

- Apresentação de artigo no evento - ALAVANCAGEM DA PRODUTIVIDADE NA CONFEÇÃO DE MÁSCARAS FACIAIS CONTRA COVID-19 EM REGIME DE EMERGÊNCIA: UM ESTUDO DE CASO
 - Congressista (36h)
- Publicação de artigo no evento - ALAVANCAGEM DA PRODUTIVIDADE NA CONFEÇÃO DE MÁSCARAS FACIAIS CONTRA COVID-19 EM REGIME DE EMERGÊNCIA: UM ESTUDO DE CASO

PROF. DR. RUI FRANCISCO MARTINS MARÇAL
Presidente - Gestão 2020-2021

PROF. DR. FRANCISCO GAUDÊNCIO MENDONÇA FREIRES
Diretor Científico - Gestão 2020-2021

abepro.org.br/acessodireto_individual/certificados/certificado_novo/certificado.asp?cod_cert=67

1/1

Disponível em:

<http://www.abepro.org.br/publicacoes/index.asp?pesq=ok&ano=2021&area=&pchave=&autor=mozara>

**Anexo B – Capítulo de livro na Coletânea Especial de Engenharia de Produção,
Editora Kreatik (e-book)**

**TÍTULO: ALAVANCAGEM DA PRODUTIVIDADE NA CONFECÇÃO DE MÁSCARAS FACIAIS
CONTRA COVID-19 EM REGIME DE EMERGÊNCIA: UM ESTUDO DE CASO**

Autores: Mozara Spencer Guerreiro; Francisco Uchoa Passos

Número ISBN: 978-65-993959-5-6

Disponível em:

<https://editora.kreatik.com.br/livro/coletanea-especial-de-engenharia-de-producao-2.pdf>