

**FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS  
FATEC PROFESSOR JESSEN VIDAL**

**JOÃO VITOR DA SILVA AVELAR**

**PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE PRODUTIVIDADE NA  
FABRICAÇÃO DE CABLAGENS EM AERONAVES**

São José dos Campos  
2025

**JOÃO VITOR DA SILVA AVELAR**

**PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE PRODUTIVIDADE NA  
FABRICAÇÃO DE CABLAGENS EM AERONAVES**

Trabalho de Graduação apresentado à  
Faculdade de Tecnologia de São José dos  
Campos, como parte dos requisitos  
necessários para a obtenção do título de  
Tecnólogo em Gestão da Produção  
Industrial

**Orientador: Me. Cicero Soares da Silva**  
**Coorientador: Dr. Roque Antônio de Moura**

São José dos Campos  
2025

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Divisão de Informação e Documentação**

AVELAR, João

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE PRODUTIVIDADE NA FABRICAÇÃO DE CABLAGENS EM AERONAVES.

São José dos Campos, 2025.

33f. (número total de folhas do TG)

Trabalho de Graduação – Curso de Tecnologia em Técnico de Gestão da Produção Industrial. FATEC de São José dos Campos: Professor Jessen Vidal, 2025.

Orientador: Me. Cicero Soares da Silva

Coorientador: Dr. Roque Antônio de Moura

1. Gabarito. 2. Cablagem. 3. Aeronautica. I. Faculdade de Tecnologia. FATEC de São José dos Campos: Professor Jessen Vidal. Divisão de Informação e Documentação. II. Título

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AVELAR, Silva João Vitor.

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE PRODUTIVIDADE NA FABRICAÇÃO DE CABLAGENS EM AERONAVES. 2025. 33f. Trabalho de Graduação - FATEC de São José dos Campos: Professor Jessen Vidal.

## CESSÃO DE DIREITOS

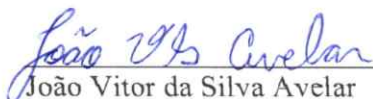
NOME(S) DO(S) AUTOR(ES): João Vitor da Silva Avelar

TÍTULO DO TRABALHO:

PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE PRODUTIVIDADE NA FABRICAÇÃO DE CABLAGENS EM AERONAVES

TIPO DO TRABALHO/ANO: Trabalho de Graduação/2025.

É concedida à FATEC de São José dos Campos: Professor Jessen Vidal permissão para reproduzir cópias deste Trabalho e para emprestar ou vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste Trabalho pode ser reproduzida sem a autorização do autor.



João Vitor da Silva Avelar

Avenida Cesare Monsueto Giulio Lattes,

Nº1350, Eugênio de Melo

12247014, São José dos Campos – São Paulo

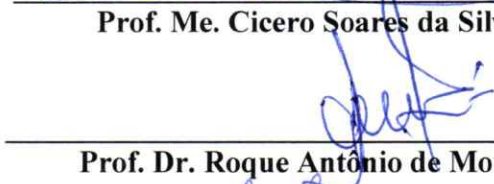
**JOÃO VITOR DA SILVA AVELAR**

**PROPOSTA DE OTIMIZAÇÃO DE PRODUTIVIDADE NA  
FABRICAÇÃO DE CABLAGENS EM AERONAVES**

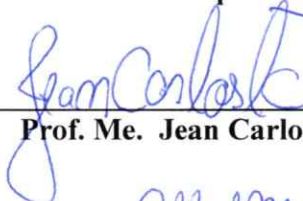
Trabalho de Graduação apresentado à Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão da Produção Industrial.



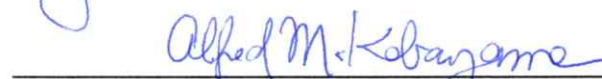
**Prof. Me. Cicero Soares da Silva – FATEC São José dos Campos**



**Prof. Dr. Roque Antônio de Moura – FATEC São José dos Campos**



**Prof. Me. Jean Carlos Lourenço Costa – FATEC São José dos Campos**



**Prof. Dr. Alfred Makoto Kabayama – FATEC São José dos Campos**

03 / 12 / 2025

**DATA DA APROVAÇÃO**

## **AGRADECIMENTOS**

Expresso minha profunda gratidão a todos que foram essenciais para a concretização deste Trabalho de Graduação.

Em primeiro lugar, ao Professor Orientador Cícero, por sua orientação técnica precisa, paciência e pelos conhecimentos valiosos que moldaram a metodologia e o desenvolvimento deste estudo. Sua experiência foi fundamental para transformar o desafio em uma solução concreta.

Agradeço também ao Professor Jorge, pela condução da disciplina de Trabalho de Graduação e pelo rigor acadêmico exigido, que garantiu a qualidade e a relevância deste projeto.

Por fim, e de forma especial, agradeço à minha família e aos meus amigos. O apoio incondicional, a motivação constante e o suporte emocional oferecido por vocês foram o alicerce para superar os desafios e concluir esta importante etapa. Este resultado também é fruto da dedicação de vocês.

## RESUMO

A indústria aeronáutica, regida por rigorosas normas de segurança e qualidade, exige processos produtivos de alta confiabilidade e eficiência. Este trabalho apresenta uma proposta de otimização na fabricação de cablagens aeronáuticas, motivada pela identificação de ineficiências no fluxo de gestão dos gabaritos de montagem. O diagnóstico inicial revelou que a descentralização das atividades logísticas que eram realizadas pelos próprios operadores de produção, consumia cerca de 28% do tempo disponível com tarefas que não agregavam valor, gerando variabilidade excessiva, riscos ergonômicos e impacto negativo no indicador de entregas. O objetivo do estudo foi reestruturar esse fluxo através da implementação de um setor logístico especializado e dedicado à preparação *Just in Time* dos dispositivos. A metodologia fundamentou-se nos princípios do *Lean Manufacturing*, utilizando ferramentas como Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM), crono análise e gestão via painel SQDC. Os resultados obtidos validaram a eficácia da intervenção: houve redução das atividades auxiliares para menos de 5% da jornada dos operadores, ganho de capacidade produtiva de aproximadamente 18% sem aumento de quadro funcional e redução da variabilidade do tempo de ciclo de 30% para 8%. Além disso, o indicador de Delivery evoluiu de 55% para 75% em seis semanas, acompanhado de uma redução de 80% nos riscos ergonômicos associados ao manuseio de carga. Conclui-se que a especialização logística promoveu estabilidade operacional, segurança e maior aderência aos prazos, confirmando a importância da segregação de atividades de apoio em manufaturas complexas

**Palavras-Chave:** Produtividade; Lean Manufacturing; Gestão de Gabaritos; Setor Aeronáutico.

## ABSTRACT

The aeronautical industry, governed by strict safety and quality standards, demands highly reliable and efficient production processes. This work presents an optimization proposal for aeronautical harness manufacturing, motivated by identified inefficiencies in the assembly jig management flow. The initial diagnosis revealed that the decentralization of logistics activities performed by the production operators themselves consumed approximately 28% of available time with non-value-added tasks, generating excessive variability, ergonomic risks, and negative impacts on the Delivery indicator. The objective was to restructure this flow by implementing a specialized logistics sector dedicated to the Just-in-Time preparation of devices. The methodology was based on Lean Manufacturing principles, utilizing tools such as Value Stream Mapping (VSM), time analysis, and SQDC panel management. The results validated the intervention's effectiveness: auxiliary activities were reduced to less than 5% of the operators' shift, productive capacity increased by approximately 18% without headcount addition, and cycle time variability dropped from 30% to 8%. Furthermore, the Delivery indicator improved from 55% to 75% in six weeks, accompanied by an 80% reduction in ergonomic risks associated with load handling. It is concluded that logistics specialization promoted operational stability, safety, and better adherence to deadlines, confirming the importance of segregating support activities in complex manufacturing.

**Keywords:** Productivity; Lean Manufacturing; Jig Management; Aerospace Industry.

**LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Exemplo de Gabarito .....	19
Figura 2 - Exemplo de Cablagens .....	20
Figura 3 - Modelo de Gabarito com Cablagem Pronta.....	22
Figura 4 - Evolução do Indicador de Entrega.....	28
Figura 5 - Fluxograma de Tarefas Antes e Depois.....	28

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Indicadores de Desempenho (SQDC) .....	23
Tabela 2 - Comparação do Tempo Gasto em Atividades Auxiliares (8h/Dia).....	26
Tabela 3 - Resultados obtidos.....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5S	Metodologia voltada à organização, limpeza e padronização
ANAC	Agência Nacional de Aviação Civil
JIT	<i>Just in Time</i> (Filosofia que visa produzir apenas o necessário)
KPI	<i>Key Performance Indicators</i> (Indicadores de Desempenho)
SQDC	<i>Safety, Quality, Delivery, Cost</i> (Indicadores de desempenho na produção)
VSM	<i>Value Stream Mapping</i> (Mapeamento do Fluxo de Valor)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 Objetivo do Trabalho .....	13
1.2 Conteúdo do Trabalho .....	13
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
2.1 Gestão da Produção Industrial .....	15
2.2 Produtividade na Indústria .....	16
2.3 Lean Manufacturing.....	16
2.4 Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM).....	17
2.5 Indicadores de Desempenho na Produção: SQDC .....	17
2.6 A Importância dos Gabaritos na Fabricação de Cablagens Aeronáuticas .....	18
2.7 A Indústria Aeronáutica.....	19
2.8 Cablagem na Aviônica.....	20
<b>3. DESENVOLVIMENTO.....</b>	<b>22</b>
3.1 Caracterização do Ambiente e Desafios Operacionais .....	22
3.2 Procedimentos Metodológicos.....	23
3.3 O Custo da Ineficiência .....	23
3.4 Identificação Técnica da Raíz do Problema .....	24
3.5 Reorganização Logística e Especialização .....	24
3.6 Implementação e Gestão da Mudança .....	24
<b>4.RESULTADOS .....</b>	<b>26</b>
4.1 Comparativo Antes e Depois com Ênfase Quantitativa e analítica .....	26
4.2 Impacto Detalhado nos Indicadores SQDC .....	27
4.3 Benefícios Diretos, Indiretos e Organizacionais .....	28
4.4 Discussão Crítica .....	29
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
5.1 Síntese dos Resultados Obtidos .....	31
5.2 Contribuições do Estudo.....	31
5.3 Recomendações para Trabalhos Futuro.....	32
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>33</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A busca por mais eficiência e competitividade tem levado muitas empresas industriais a reverem seus processos de produção. No setor aeronáutico, isso se torna ainda mais evidente, já que estamos falando de produtos altamente complexos com padrões de qualidade rigorosos e da responsabilidade direta pela segurança dos voos. Dentro desse contexto, a fabricação de cablagens para o controle das aeronaves aparece como uma etapa especialmente sensível e essencial, que requer precisão, padronização e agilidade em cada detalhe.

Atualmente, observa-se que a administração dos gabaritos utilizados na confecção das cablagens, incluindo atividades como transporte, plotagem, impressão e substituição, está sob responsabilidade direta dos próprios operadores de produção. Essa prática, embora funcional, gera interrupções frequentes no fluxo de trabalho, além de dispersar o foco dos operadores de suas atividades principais, comprometendo a produtividade e a padronização dos processos.

Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de uma mudança estrutural que permita uma gestão mais eficiente desses recursos. A proposta é criar um setor exclusivo de logística, responsável por toda a administração dos gabaritos. Com isso, espera-se reduzir desperdícios de tempo e materiais, melhorar a organização do ambiente produtivo e garantir que os operadores possam focar integralmente nas etapas técnicas da fabricação das cablagens.

O presente trabalho tem como objetivo propor melhorias voltadas à otimização da produtividade na fabricação de cablagens, com ênfase na redução de desperdícios, na melhoria do fluxo produtivo e no aumento da eficiência operacional. A proposta fundamenta-se na análise das práticas atualmente adotadas, na identificação dos principais gargalos produtivos e na aplicação de ferramentas voltadas à gestão da produção industrial.

Além de melhorar os resultados na área estudada, este projeto também destaca a importância do gestor de produção como um profissional estratégico dentro das organizações. Esse gestor reúne conhecimento técnico, capacidade de análise e uma visão ampla dos processos, contribuindo de forma direta para o desenvolvimento sustentável e para o aumento da competitividade da empresa.

## 1.1 Objetivo do Trabalho

Propor melhorias no processo de fabricação de cablagens aeronáuticas, focando na otimização da produtividade por meio da análise dos processos atuais, identificação de gargalos e uso de ferramentas de gestão da produção, com ênfase na criação de um setor logístico para administrar os gabaritos de produção.

Objetivos Específicos:

- Analisar o processo produtivo atual da fabricação de cablagens, identificando pontos críticos que impactam a produtividade, com ênfase na gestão dos gabaritos;
- Mapear os principais desperdícios e ineficiências relacionados à administração descentralizada dos gabaritos pelos operadores de produção;
- Aplicar ferramentas e técnicas da gestão da produção, como o mapeamento do fluxo de valor (VSM), indicadores de desempenho (KPI's) e os princípios do *Lean Manufacturing*, para embasar a análise e a proposta de melhoria;
- Desenvolver uma proposta de criação de um setor logístico interno responsável pela gestão centralizada dos gabaritos de produção;
- Avaliar os possíveis ganhos em produtividade, tempo, padronização e qualidade com a implementação da proposta, promovendo a melhoria contínua do processo.

## 1.2 Conteúdo do Trabalho

O presente trabalho está estruturado em cinco Capítulos, cujo conteúdo é sucintamente apresentado a seguir:

Capítulo 1 – Introdução: Apresenta o cenário atual na fabricação de cablagens em aeronaves, identificando a gestão descentralizada dos gabaritos como um ponto crítico de produtividade. Justifica a necessidade da criação de um setor logístico específico e estabelece o objetivo Geral e os objetivos específicos do estudo, focando na otimização da produtividade e na redução de desperdícios.

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica: É feita a fundamentação dos conceitos e ferramentas que servem de base para a proposta de otimização. Aborda temas como Gestão da Produção Industrial, Produtividade, *Lean Manufacturing*, Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), Indicadores de Desempenho (SQDC) e a importância dos Gabaritos no contexto da indústria aeronáutica.

Capítulo 3 – Desenvolvimento: Detalha a abordagem metodológica estruturada em etapas sequenciais e interdependentes. Inclui o Levantamento de Dados e Mapeamento do Processo Atual, a Identificação de Gargalos e Desperdícios (usando VSM) , a Análise Crítica e Definição de Requisitos , a Proposição da Nova Estrutura Organizacional (setor logístico) , a Avaliação de Viabilidade e Impactos Esperados , e a Elaboração do Plano de Ação.

Capítulo 4 – Resultados: Apresenta a aplicação prática da proposta de otimização, detalhando a Análise do Estado Atual. Identifica os Desperdícios (Espera e Movimentação) gerados pela gestão descentralizada, quantificando o tempo de não agregação de valor em 10 minutos por placa. Apresenta a Proposta de Otimização (Centralização Logística) e o Impacto nos Indicadores SQDC, evidenciando o aumento do cumprimento de prazo (*Delivery*) de 55% para aproximadamente 75%.

Capítulo 5 – Conclusão: Apresenta as considerações finais e a validação do objetivo central do trabalho. Resume os resultados alcançados, como o aumento de 20 pontos percentuais no indicador de entrega e a eliminação do tempo de não agregação de valor (10 minutos/placa). Conclui sobre a contribuição do estudo e fornece Sugestões para Trabalhos Futuros, como a Análise Custo-Benefício Integrada.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para entender como melhorar a produtividade na fabricação de cablagens, é essencial conhecer os conceitos e ferramentas que ajudam a organizar e otimizar os processos industriais. Este capítulo estrutura o embasamento necessário para a análise de produtividade na manufatura de cablagens, revisitando os princípios que regem a eficiência industrial contemporânea. A discussão aprofunda-se em temas centrais como a Gestão da Produção e a filosofia *Lean Manufacturing*, com destaque para ferramentas de diagnóstico como o Mapeamento de Fluxo de Valor e a gestão por indicadores.

Simultaneamente, o texto situa essas metodologias no contexto do setor aeronáutico, examinando como seus rigorosos requisitos impactam os processos produtivos. O objetivo é promover o alinhamento entre a prática observada e a literatura especializada, estabelecendo os critérios técnicos que fundamentarão as propostas de intervenção desenvolvidas na sequência.

### 2.1 Gestão da Produção Industrial

A gestão da produção industrial envolve planejar, organizar e controlar todas as atividades ligadas à fabricação de bens e à prestação de serviços. Seu objetivo principal é garantir que os processos ocorram de forma eficiente, com qualidade, dentro dos prazos e fazendo o melhor uso possível dos recursos disponíveis.

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), a gestão da produção deve estar alinhada aos objetivos estratégicos da organização, conectando-os às operações do dia a dia, de modo a assegurar a geração de valor tanto para o cliente quanto para o negócio. Já Slack et al. (2002) destacam que uma boa gestão da produção é aquela que equilibra cinco critérios de desempenho essenciais: custo, flexibilidade, qualidade, entrega e confiabilidade.

No setor aeronáutico, a gestão da produção torna-se ainda mais importante devido à complexidade dos produtos fabricados. A construção de aeronaves exige precisão, rastreabilidade e o cumprimento de normas nacionais e internacionais, como as da ANAC, EASA e FAA. Por isso, esse tipo de gestão demanda processos bem controlados, o uso adequado de tecnologias e uma integração consistente entre as áreas de engenharia, manufatura e qualidade.

## 2.2 Produtividade na Indústria

A produtividade industrial pode ser compreendida como a relação entre os recursos utilizados e os resultados obtidos. Quanto mais eficiente for o uso dos recursos, maior será a produtividade, refletindo diretamente na capacidade da organização de competir no mercado.

Segundo Chiavenato (2005), a produtividade está diretamente relacionada à competitividade de uma empresa, sendo influenciada por diversos fatores, como a capacitação da mão de obra, a qualidade dos materiais utilizados, o layout produtivo, a eficiência das máquinas e ferramentas, além da efetividade da gestão dos processos.

Na prática, melhorar a produtividade significa produzir mais com menos: menos tempo, menor custo, menos retrabalho e menor desperdício. Para alcançar esses resultados, é essencial aplicar ferramentas e técnicas que permitam a análise crítica dos processos, bem como a sua melhoria contínua. Entre essas ferramentas, destacam-se metodologias como o *Lean Manufacturing*, o Seis Sigma, e o uso de indicadores de desempenho (KPIs) voltados para a produtividade.

Em setores de alta complexidade e exigência, como a indústria aeronáutica, a busca por produtividade deve ser equilibrada com a manutenção da qualidade e da conformidade regulatória, o que exige uma abordagem sistêmica e integrada da gestão operacional.

## 2.3 Lean Manufacturing

O *Lean Manufacturing*, também conhecido como Sistema Toyota de Produção, é uma filosofia de gestão voltada para a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua dos processos produtivos. Desenvolvido no Japão, principalmente pela Toyota, o modelo foi posteriormente difundido e amplamente adotado por diversos setores industriais ao redor do mundo, incluindo o setor aeronáutico.

Segundo Womack e Jones (2004), o Lean baseia-se em cinco princípios fundamentais: valor, cadeia de valor, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição. A ideia central é entregar exatamente o que o cliente deseja, com a melhor qualidade, no menor tempo possível e com o menor custo, maximizando o valor agregado em cada etapa do processo produtivo.

Para colocar a filosofia Lean em prática, recorre-se a um conjunto de ferramentas que atuam de forma integrada. Geralmente, o trabalho começa pela base com o 5S, que organiza e padroniza o ambiente, criando o cenário ideal para o Kaizen e sua cultura de melhoria contínua. Já no controle do processo, o Kanban e o *Just in Time* (JIT) funcionam

em conjunto para gerenciar a demanda e evitar o acúmulo de estoques, garantindo que a produção ocorra apenas no momento necessário. Por fim, o Mapeamento de Fluxo de Valor (VSM) aparece como o instrumento central para diagnosticar falhas e enxergar desperdícios.

A aplicação do Lean Manufacturing no contexto industrial, especialmente em setores complexos como o aeronáutico, contribui significativamente para o aumento da eficiência operacional, redução de custos e melhora na qualidade e na confiabilidade dos produtos.

## **2.4 Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)**

O *Value Stream Mapping* (VSM), ou Mapeamento do Fluxo de Valor, é uma ferramenta fundamental dentro da filosofia *Lean Manufacturing*, utilizada para visualizar e analisar todas as etapas de um processo produtivo, desde o recebimento da matéria-prima até a entrega do produto ao cliente. Seu principal objetivo é identificar as atividades que agregam valor ao produto e eliminar aquelas que representam desperdícios.

De acordo com Rother e Shook (2003), ao construir um mapa do fluxo de valor, é possível identificar com clareza os gargalos, tempos de espera, retrabalhos, estoques excessivos e outros pontos críticos que impactam negativamente a produtividade e a fluidez do processo. Com base nessa análise visual e sistemática, é possível desenvolver um plano de ação estruturado, com foco na otimização do processo como um todo.

No contexto específico da fabricação de cablagens aeronáuticas, o VSM torna-se uma ferramenta estratégica, pois permite visualizar todas as etapas da montagem, desde o corte e identificação dos fios até a fase de teste e conformidade final. Com isso, é possível identificar tempos improdutivos, movimentações desnecessárias e falhas de sincronização, propondo soluções que melhorem o fluxo de trabalho, aumentem a eficiência operacional e reduzam custos e retrabalhos.

## **2.5 Indicadores de Desempenho na Produção: SQDC**

Para garantir a eficiência dos processos produtivos, é fundamental acompanhar indicadores de desempenho que permitam uma visão clara e objetiva sobre aspectos essenciais da operação. Um dos conjuntos mais utilizados na indústria é o SQDC, que monitora quatro pilares: Segurança (S), Qualidade (Q), *Delivery* (D) e Custo (C).

O SQDC permite avaliar de forma integrada como a produção está performando em relação à segurança dos colaboradores, à qualidade dos produtos, ao cumprimento dos prazos de entrega e ao controle dos custos operacionais. Segundo Tubino (2007), o uso de indicadores estruturados como o SQDC possibilita uma gestão mais eficaz, pois facilita a

identificação rápida de problemas e direciona ações de melhoria alinhadas aos objetivos estratégicos da organização.

- Segurança (S): Mede a ocorrência de acidentes, incidentes e condições inseguras, sendo essencial para garantir um ambiente de trabalho seguro e em conformidade com normas regulatórias;
- Qualidade (Q): Avalia a taxa de produtos conformes, retrabalho, e não conformidades, assegurando que o cliente receba produtos que atendam às especificações técnicas;
- *Delivery* (D): Monitora a pontualidade nas entregas e o cumprimento dos prazos estabelecidos, impactando diretamente a satisfação do cliente e o fluxo da cadeia produtiva;
- Custo (C): Controla os gastos relacionados à produção, incluindo desperdícios, retrabalhos e consumo de materiais, contribuindo para a sustentabilidade financeira do processo.

No setor aeronáutico, onde os requisitos de segurança e qualidade são particularmente rigorosos, a aplicação do SQDC torna-se ainda mais estratégica. Através desse conjunto de indicadores, é possível garantir que os processos de fabricação, como a montagem de cablagens, sejam conduzidos com a máxima eficiência e em conformidade com os padrões regulatórios, além de promover uma cultura contínua de melhoria.

## **2.6 A Importância dos Gabaritos na Fabricação de Cablagens Aeronáuticas**

Na fabricação de cablagens aeronáuticas, os gabaritos são ferramentas essenciais para garantir a precisão, padronização e a conformidade com os rigorosos padrões de qualidade exigidos pelo setor. Esses dispositivos são utilizados para orientar o posicionamento correto dos fios, emissividades, conectores e acessórios ao longo de painéis de montagem específicos, assegurando que cada cablagem seja produzida de forma repetível e com exatidão dimensional. Dada a complexidade dos sistemas elétricos das aeronaves, qualquer desvio ou falha no processo de montagem pode comprometer a segurança de voo, tornando o uso de gabaritos uma prática indispensável.

Além de contribuir para a qualidade técnica do produto, os gabaritos também otimizam o tempo de produção e reduzem a ocorrência de retrabalhos, erros humanos e desperdícios de material. Eles proporcionam um ambiente de trabalho mais organizado e visualmente guiado, facilitando a atuação dos operadores, mesmo em processos complexos

como demonstrado na figura 1. Dessa forma, os gabaritos não apenas asseguram a integridade do produto, mas também melhoram a produtividade da linha de montagem.

**Figura 1 - Exemplo de Gabarito**



Fonte: SCP Sintorsa(2025)

Entretanto, a eficácia dos gabaritos depende diretamente da forma como são gerenciados dentro do ambiente produtivo. A falta de controle adequado sobre transporte, armazenagem, atualização ou substituição desses itens pode gerar atrasos na produção, falhas de qualidade e desorganização do processo. Por isso, a administração eficiente dos gabaritos deve ser tratada como uma atividade estratégica na gestão da produção, especialmente em setores de alta criticidade como o aeronáutico.

Segundo Slack, Chambers e Johnston (2010, p. 312), “o controle e a gestão eficaz de ferramentas e dispositivos auxiliares são essenciais para manter a qualidade e a consistência na produção, reduzindo desperdícios e evitando falhas que podem comprometer todo o processo produtivo”. Essa gestão inclui práticas de armazenagem adequada, manutenção preventiva, rastreabilidade e atualização constante dos gabaritos.

## **2.7 A Indústria Aeronáutica**

A cablagem em aeronaves vai muito além de simples fios conectando sistemas; trata-se de uma rede elétrica complexa, cuidadosamente planejada para garantir a confiabilidade e a segurança em condições extremas. Essa fiação é responsável tanto por conduzir energia elétrica quanto por transmitir sinais entre os diversos sistemas eletrônicos e computacionais a bordo, como sensores, instrumentos de navegação, sistemas de controle de voo, iluminação e comunicações.

Devido à criticidade desses sistemas, a instalação da cablagem segue normas técnicas específicas, tais como a AS50881 padrão para fiação em aeronaves e a RTCA DO-160, que estabelece requisitos ambientais e de interferência eletromagnética. O roteamento dos cabos

é projetado para evitar zonas de calor, vibração excessiva e interferência de sinal, além de garantir fácil acesso para manutenção e inspeção.

Outro ponto crucial é a seleção dos materiais. Os cabos devem ser leves, resistentes ao fogo e ao desgaste, além de suportar grandes variações de temperatura e pressão. Em aeronaves modernas, onde a tecnologia fly-by-wire é predominante, a transmissão de dados críticos depende diretamente da integridade dessa rede elétrica, elevando ainda mais os requisitos técnicos para a cablagem.

Segundo Guedes e Silva (2017), "a confiabilidade da cablagem aeronáutica é um fator determinante para a segurança operacional da aeronave, exigindo rigorosos processos de projeto, seleção de materiais e instalação para garantir a integridade dos sistemas elétricos em ambientes adversos."

## 2.8 Cablagem na Aviônica

A cablagem na aviônica é o conjunto de fios, cabos, conectores e demais componentes responsáveis por realizar a interligação entre os diversos sistemas eletrônicos embarcados em uma aeronave como pode ser visualizado na figura 2. Esses sistemas abrangem comunicação, navegação, controle de voo, monitoramento de motores, sensores e sistemas auxiliares. Sua correta instalação e funcionamento são essenciais para garantir a segurança, confiabilidade e desempenho operacional da aeronave.

**Figura 2 - Exemplo de Cablagens**



**Fonte: SCP Sintorsa(2025)**

De acordo com Silva (2018), o ambiente aeronáutico impõe exigências técnicas elevadas à cablagem, como resistência a vibrações, variações de temperatura, umidade e interferência eletromagnética. Por isso, os materiais utilizados devem ser leves, duráveis e compatíveis com os rigorosos requisitos das normas aeronáuticas.

A norma SAE AS50881 (SAE, 2020) estabelece os critérios para o projeto e instalação de sistemas de fiação em aeronaves, incluindo o roteamento, fixação, identificação e proteção dos cabos. A correta aplicação desses critérios evita falhas elétricas, facilita manutenções e contribui para a certificação dos sistemas junto a autoridades reguladoras, como a ANAC e a EASA.

No contexto da aviação brasileira, empresas como a Embraer seguem rígidos padrões internos de engenharia e qualidade, além de adotar normas internacionais e documentos técnicos próprios, que asseguram a rastreabilidade, confiabilidade e performance dos sistemas aviônicos. Segundo Costa e Andrade (2020), o processo de desenvolvimento de chicotes elétricos em aeronaves nacionais envolve análises detalhadas de peso, layout, interferência eletromagnética (EMI) e facilidade de manutenção, sendo considerado um dos elementos estratégicos no projeto de sistemas integrados.

A crescente complexidade da eletrônica embarcada tem levado ao desenvolvimento de soluções de otimização de cablagem, como o uso de materiais compostos, automação de processos de montagem e integração digital entre software de projeto e manufatura. Isso permite não apenas reduzir o peso total da aeronave, mas também aumentar a confiabilidade e reduzir custos ao longo do ciclo de vida do produto.

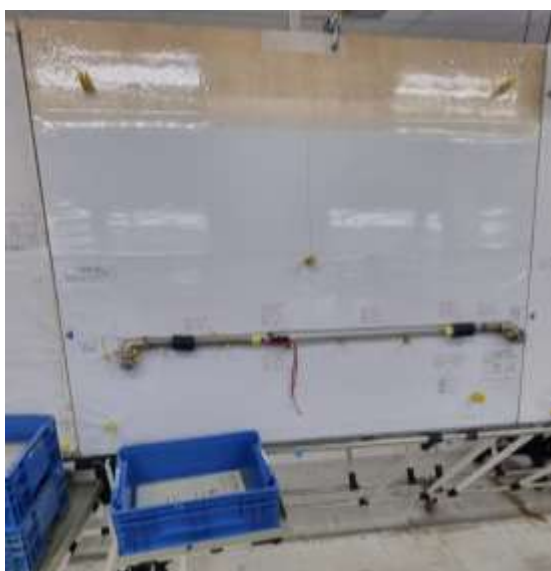
### 3. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do estudo baseou-se em uma investigação cuidadosa do ambiente produtivo e na compreensão real das dificuldades enfrentadas pelos operadores no dia a dia. A análise dos processos, aliada à observação direta do trabalho, possibilitou identificar pontos que limitavam o desempenho e afetavam a fluidez das atividades. A partir desse entendimento, foram construídas soluções fundamentadas em dados e em princípios da engenharia de produção, buscando melhorar o fluxo operacional, reduzir esforços desnecessários e tornar a rotina mais previsível. O processo resultante reflete um esforço integrado entre análise técnica e sensibilidade às necessidades práticas da operação.

#### 3.1 Caracterização do Ambiente e Desafios Operacionais

O estudo foi realizado em uma célula de produção de alta complexidade, organizada em dois turnos e composta por 45 colaboradores, sendo 25 no primeiro turno e 20 no segundo. O processo de fabricação de cablagens aeronáuticas, essencialmente artesanal e técnico, depende de bancadas estruturadas e de gabaritos físicos de grandes dimensões, com aproximadamente 1,25 m por 1,25 m, como demonstrado na Figura 3.

**Figura 3 - Modelo de Gabarito com Cablagem Pronta**



Fonte: Autoria própria (2025)

A análise inicial evidenciou desafios relevantes, tanto logísticos quanto ergonômicos. O operador, além de responsável pela montagem da cablagem, acumulava atividades logísticas, como buscar gabaritos no estoque, montar dispositivos de segurança (*poka-yokes*), realizar plotagens e devolver as placas após o uso. Esse modelo fragmentava a

atenção, exigia deslocamentos constantes e comprometia o fluxo de valor, introduzindo variabilidade não planejada e reduzindo a eficiência operacional.

### 3.2 Procedimentos Metodológicos

Para garantir robustez à intervenção, adotou-se uma abordagem metodológica mista. A etapa qualitativa envolveu observações diretas no chão de fábrica com base em entrevistas com operadores e lideranças, permitindo captar percepções, dificuldades ocultas e particularidades do processo que não emergiam nos registros formais.

Em paralelo, a fase quantitativa concentrou-se na coleta estruturada de tempos e movimentos, na construção do Mapeamento do Fluxo de Valor do estado atual e na análise histórica dos registros do indicador de Entrega. O cruzamento dessas informações permitiu projetar um VSM futuro com fluxo contínuo e sustentação de uma logística centralizada, orientada a reduzir desperdícios e aumentar previsibilidade.

### 3.3 O Custo da Ineficiência

O diagnóstico revelou gargalos expressivos. A preparação dos gabaritos consumia, em média, 10 minutos por peça. Em ordens de produção mais complexas, que podem demandar até 15 gabaritos diferentes, um único operador chegava a desperdiçar cerca de 150 minutos, ou 2,5 horas, exclusivamente com setups e movimentações que não agregavam valor direto ao produto demonstrado na tabela de indicadores de SQDC a seguir ilustrado na tabela 1;

**Tabela 1 - Indicadores de Desempenho (SQDC)**

Indicadores de Desempenho (SQDC)		
Pilar SQDC	Indicador Chave	Média Antes da Otimização
Segurança	Risco de Acidentes/Incidentes	Elevado (Fluxo desnecessário de operadores)
Qualidade	Assertividade e Padronização	Moderada (Variabilidade na preparação do gabarito)
<i>Delivery</i> (Entrega)	Cumprimento de Prazo	55%
Custo	Desperdício de Tempo	10 minutos/placa

Fonte: Autoria própria (2025)

Esse volume representava aproximadamente 28% da jornada diária fora da estação de montagem. Além da perda produtiva, o estudo evidenciou riscos ergonômicos significativos decorrentes da manipulação repetitiva de placas volumosas e pesadas. A falta

de padronização na montagem de *poka-yokes* também introduzia vulnerabilidades à qualidade final e aumentava a exposição a incidentes de segurança.

### **3.4 Identificação Técnica da Raíz do Problema**

A análise de dados indicou que os principais entraves estavam relacionados a três aspectos estruturais. O primeiro era a falta de padronização, com processos auxiliares executados de maneira empírica e variando entre operadores. O segundo envolvia instabilidade operacional, traduzida em alta variabilidade no tempo de ciclo, interrupções constantes e rastreabilidade insuficiente para garantir previsibilidade. O terceiro elemento dizia respeito aos riscos ocultos, especialmente ergonomia inadequada, manipulação excessiva de materiais e baixa previsibilidade operacional. Esses fatores se combinavam e impactavam diretamente o indicador de entrega, criando um ciclo recorrente de atrasos e pressionando a operação, pois em alguns casos não era possível calcular o tempo necessário de fabricação da ordem de produção com todos estes fatores que não agregam valor ao produto.

### **3.5 Reorganização Logística e Especialização**

A resposta aos problemas identificados consistiu na criação de um setor logístico dedicado, estruturado com base nos princípios do *Just in Time*. Essa reconfiguração retirou dos montadores a carga cognitiva e física associada à preparação dos gabaritos, transferindo essas atividades a uma equipe especializada do setor logístico.

Esse novo setor passou a ser responsável por todo o ciclo de vida do gabarito na fábrica, incluindo montagem de *poka-yokes*, inspeção de integridade, plotagem, limpeza e entrega diretamente na bancada. O fluxo foi invertido: em vez de o operador buscar recursos, os recursos passaram a ser disponibilizados conforme a necessidade da produção.

Para viabilizar essa mudança, o layout fabril foi revisto e reorganizado, incorporando áreas dedicadas, gestão visual, bancadas ergonômicas e ferramentas próprias da logística. A padronização foi consolidada por meio de Procedimentos Operacionais Padrão, assegurando consistência, qualidade e repetibilidade em todas as atividades executadas.

### **3.6 Implementação e Gestão da Mudança**

A implementação foi conduzida em três fases, visando minimizar resistências e facilitar a adaptação gradual de todos os envolvidos. A primeira fase concentrou-se na capacitação da equipe logística, com treinamentos em Lean, ergonomia e práticas de

qualidade. Na segunda fase, a infraestrutura foi instalada e os POPs foram validados em ambiente real. Por fim, a terceira fase consistiu em uma transição assistida, na qual as atividades foram migradas progressivamente para o novo modelo, acompanhadas por reuniões diárias entre líderes de produção e logística para monitorar o fluxo e ajustar possíveis desvios.

A resposta do sistema foi rápida e positiva. Apenas duas semanas após o início da operação do novo setor logístico, observou-se redução significativa das interrupções e maior previsibilidade no planejamento, demonstrando a efetividade da reorganização implementada.

## 4.RESULTADOS

Este capítulo examina os efeitos gerados pela reorganização logística na célula de produção, observando como as mudanças propostas se refletiram no desempenho operacional. A avaliação dos resultados combina análises quantitativas, impactos percebidos nos indicadores SQDC e benefícios que se manifestaram tanto de forma imediata quanto ao longo das rotinas de trabalho. Além desses aspectos, o capítulo discute a relação entre os achados e os princípios da manufatura enxuta, destacando o quanto as melhorias implementadas dialogam com a teoria e se sustentam na prática. A partir dessa articulação, apresenta-se uma reflexão crítica que consolida o embasamento técnico e a relevância das transformações promovidas.

### 4.1 Comparativo Antes e Depois com Ênfase Quantitativa e analítica

Os resultados da intervenção revelaram melhorias expressivas na produtividade, na estabilidade operacional e no nível de previsibilidade da célula. Antes da reorganização, os operadores dedicavam cerca de 28% do tempo diário a atividades auxiliares associadas aos gabaritos, desviando-se de suas tarefas de montagem. Com a criação do setor logístico especializado, esse percentual caiu para menos de 5%, praticamente eliminando desperdícios e liberando tempo produtivo de forma significativa. A Tabela 2 apresenta a comparação direta entre os cenários anterior e posterior à intervenção, evidenciando de forma quantitativa a redução do tempo improdutivo e o ganho operacional obtido.

**Tabela 2 - Comparação do Tempo Gasto em Atividades Auxiliares (8h/Dia)**

Comparativo de tempo		
Situação	Percentual	Tempo
Antes	28%	2h14m por dia
Depois	5%	24min por dia
Diferença	23%	1h50min recuperados

Fonte: Autoria própria (2025)

O tempo improdutivo relacionado à preparação das placas também foi suprimido. Considerando que cada gabarito demandava em média 10 minutos de preparação, e que uma cablagem pode utilizar dez placas, foram recuperados aproximadamente 100 minutos por ordem de produção. Esse ganho se refletiu diretamente na capacidade de produção da área produtiva, que registrou um aumento médio de produtividade de 18% sem qualquer

incremento de pessoal, demonstrando que a reorganização do fluxo foi suficiente para ampliar o desempenho do time.

Outro efeito marcante foi a estabilização do tempo de ciclo. Antes da implementação, a variabilidade na duração total por cablagem ultrapassava 30%, devido às interrupções constantes e à ausência de padronização logística. Após a mudança, a variabilidade foi reduzida para cerca de 8%, tornando o processo mais uniforme, previsível e de fácil monitoramento e planejamento.

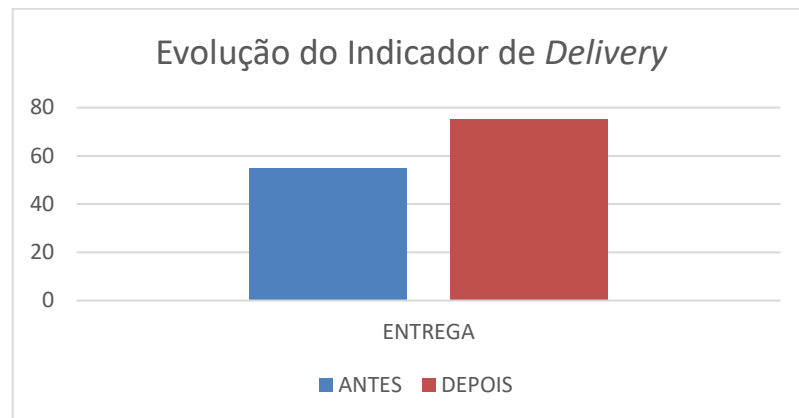
Para validar esses resultados em escala, realizou-se uma simulação baseada na produção semanal do primeiro turno. Considerando 25 operadores, cada um responsável por seis cablagens por semana, estimou-se um ganho acumulado de aproximadamente 2.500 minutos recuperados, o equivalente a mais de 41 horas produtivas adicionais. Esse acréscimo semanal reforça o impacto estrutural da reorganização e demonstra seu potencial de escalabilidade.

#### **4.2 Impacto Detalhado nos Indicadores SQDC**

A análise dos indicadores SQDC evidenciou uma evolução substantiva após a implementação do novo fluxo logístico. No pilar Segurança, observou-se uma redução próxima de 80% nos riscos associados ao transporte manual de placas volumosas. Como os operadores deixaram de movimentar repetidamente esses materiais, houve diminuição dos incidentes leves relacionados ao desgaste e esforço físico e mitigação de riscos ergonômicos.

No aspecto Qualidade, o ganho decorreu principalmente da padronização da montagem dos *poka-yokes*, agora executada exclusivamente por colaboradores treinados. A uniformidade no preparo dos dispositivos reduziu falhas potenciais e aumentou a confiabilidade do processo, fortalecendo a consistência dos resultados.

O indicador *Delivery* apresentou uma melhoria expressiva: a taxa média passou de 55% para aproximadamente 75% em seis semanas como demonstrado na Figura 4. Esse salto está diretamente relacionado à eliminação das interrupções do processo produtivo e ao aumento da previsibilidade proporcionado pelo novo setor logístico, que assegurou a disponibilidade dos gabaritos no momento exato da necessidade.

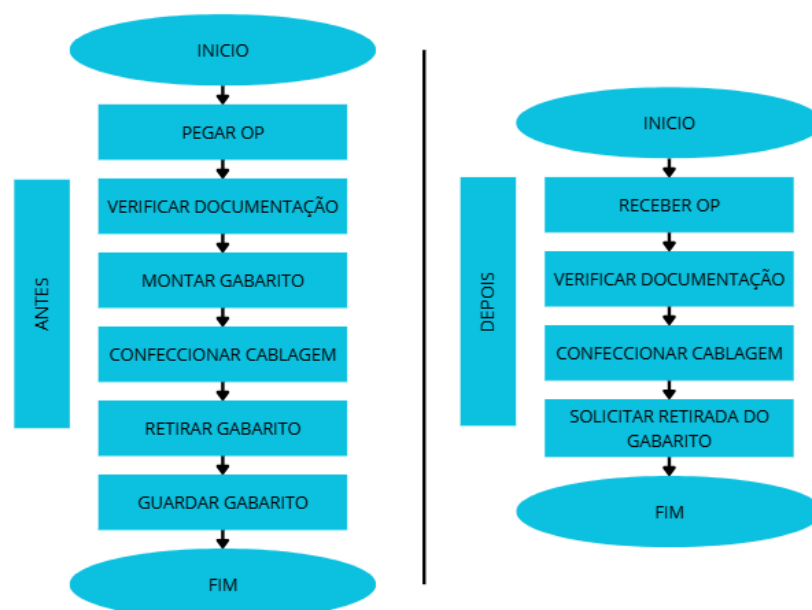
**Figura 4 - Evolução do Indicador de Entrega**

Fonte: Autoria própria (2025)

Em relação ao Custo, embora o impacto seja indireto, é igualmente relevante. A eliminação de desperdícios e a liberação de tempo produtivo permitiram que o setor aumentasse sua capacidade operacional sem a necessidade de contratar novos operadores, representando ganho financeiro e eficiência organizacional.

### 4.3 Benefícios Diretos, Indiretos e Organizacionais

Os benefícios diretos identificados incluem a redução do tempo de ciclo, a eliminação de retrabalhos, a maior estabilidade operacional e o aumento geral da produtividade. Os operadores passaram a trabalhar em um ambiente mais organizado, com menor necessidade de deslocamentos e menor esforço físico, o que contribuiu para uma experiência de trabalho mais fluida e segura como demonstrado na figura 5 a seguir.

**Figura 5 - Fluxograma de Tarefas Antes e Depois**

Fonte: Autoria própria (2025)

Os benefícios indiretos se manifestaram de forma igualmente significativa. O moral da equipe aumentou, impulsionado pela clareza dos papéis e pela percepção de que a empresa investiu em melhorias que afetam positivamente o dia a dia operacional. Além disso, a criação do setor logístico fortaleceu a integração entre as áreas, ampliando a visão dos colaboradores sobre o fluxo produtivo como um todo.

Em termos organizacionais, o novo arranjo consolidou práticas de melhoria contínua, promoveu uma cultura mais alinhada ao pensamento enxuto e estabeleceu um modelo eficiente e replicável para outras áreas da fábrica. A estrutura criada não apenas resolveu um problema específico, mas também abriu caminho para avanços futuros.

#### **4.4 Discussão Crítica**

Os resultados obtidos demonstram forte coerência com os princípios do *Lean Manufacturing*, especialmente no que diz respeito à especialização das atividades e à eliminação de desperdícios. Conforme apontado por Womack e Jones (2004), processos enxutos dependem da separação clara entre atividades que agregam valor e aquelas que não agregam. A criação de um setor logístico especializado respondeu diretamente a esse princípio, permitindo que os operadores se concentrassem exclusivamente nas tarefas de montagem.

A reorganização também confirmou a importância de fluxos contínuos e da redução da variabilidade, conceitos amplamente discutidos pela literatura *lean*. Ao eliminar interrupções e estabilizar o tempo de ciclo, foi possível aproximar o processo da condição ideal de fluxo ininterrupto, o que se traduz em maior eficiência e previsibilidade.

Outro ponto relevante é a conexão entre ergonomia e desempenho produtivo. Estudos mostram que a redução de esforços repetitivos e movimentos desnecessários tende a diminuir incidentes e aumentar a longevidade operacional dos colaboradores. Os resultados obtidos corroboram essa relação, evidenciando como ajustes estruturais podem impactar positivamente tanto a saúde dos operadores quanto a performance da fábrica.

No conjunto, os achados reforçam que intervenções baseadas em princípios *lean*, quando aplicadas de forma estruturada e contextualizada, são capazes de gerar melhorias expressivas, sustentáveis e alinhadas às necessidades operacionais.

## 5. CONCLUSÃO

O presente Trabalho de Conclusão de Curso cumpriu integralmente seu objetivo central ao propor e validar uma otimização no processo de gestão de gabaritos na fabricação de cablagens em aeronaves como demonstra a tabela 3.

**Tabela 3 - Resultados obtidos**

Resultados obtidos		
Indicador	Resultado Quantitativo	Impacto Qualitativo
Entrega	Aumento de 55% para 75%	Ganho de 20 pontos percentuais na pontualidade.
Produtividade	Redução de 10 a 150 min por cablagem	Maior capacidade produtiva (H/H).
Eficiência de Fluxo	Eliminação de 10 min/placa	Fim do tempo sem valor agregado
Qualidade	Introdução de <i>Poka-yokes</i>	Maior assertividade na montagem final.
Segurança e 5S	Eliminação de riscos de manuseio	Ambiente organizado e fluxo padronizado.

**Fonte: Autoria própria (2025)**

A intervenção metodológica, iniciada pela análise de fluxo e diagnóstico de desempenho (SQDC), identificou que a gestão descentralizada dos gabaritos era uma fonte de desperdício de tempo e risco operacional, comprometendo o desempenho do indicador Entrega na média de 55%.

A solução, pautada na criação de um setor logístico especializado para a administração e preparação de gabaritos, demonstrou ser uma alavanca estratégica para a eficiência produtiva, gerando resultados substanciais:

**Validação da Hipótese de Produtividade:** Houve um aumento de 20 pontos percentuais no indicador de cumprimento de prazo (*Delivery*), que saltou de 55% para aproximadamente 75%. Este resultado valida a eficácia da segregação de tarefas e da especialização da mão de obra.

**Melhoria do Fluxo e Capacidade:** A eliminação do tempo de não agregação de valor de 10 minutos por placa no tempo de ciclo da produção traduziu-se em um ganho potencial que varia de 10 a 150 minutos por cablagem, aumentando a capacidade produtiva por hora/homem.

Fortalecimento da Qualidade e Segurança: A implementação de novos gabaritos com *poka-yokes* e a destinação da sua preparação à mão de obra especializada resultaram em maior assertividade na montagem final. Concomitantemente, a padronização do fluxo contribuiu decisivamente para a eliminação dos riscos de incidentes e acidentes associados ao manuseio dos gabaritos, reforçando o pilar de Segurança.

Consolidação do 5S: A mudança otimizou a arrumação do local de trabalho, facilitando a aplicação e a manutenção dos princípios do 5S em uma área de alto volume de movimentação de materiais.

### **5.1 Síntese dos Resultados Obtidos**

A criação do setor logístico especializado produziu efeitos diretos e mensuráveis no desempenho produtivo. A reorganização das atividades devolveu aos operadores o tempo necessário para se dedicarem integralmente às tarefas de maior valor agregado, eliminando desperdícios expressivos e reduzindo de forma significativa a variabilidade do processo. A capacidade produtiva aumentou sem que fosse necessário expandir o quadro de colaboradores, evidenciando que o ganho advém de melhorias estruturais e não apenas de esforço operacional.

Do ponto de vista dos indicadores, o avanço foi bastante claro. O indicador de Entrega apresentou crescimento consistente, a qualidade dos *setups* melhorou devido à padronização, e os riscos ergonômicos associados ao manuseio de placas volumosas foram substancialmente mitigados. Esses resultados reforçam que a intervenção não apenas corrigiu um gargalo pontual, mas também elevou o nível de maturidade operacional do ambiente de trabalho como um todo.

### **5.2 Contribuições do Estudo**

O estudo contribui de forma significativa ao demonstrar a aplicabilidade e a relevância das metodologias *Lean Manufacturing* e do Mapeamento do Fluxo de Valor em um contexto aeronáutico, caracterizado por alta complexidade, rigor regulatório e forte exigência de qualidade. Os resultados evidenciam que a especialização de atividades auxiliares pode transformar processos tradicionais, permitindo reduções substanciais de desperdício, aumento de eficiência e fortalecimento da previsibilidade operacional.

Além disso, o trabalho reforça a importância de separar claramente atividades de valor agregado das atividades de apoio. Ao fazer isso, a empresa não apenas otimiza sua

operação, mas também cria bases sólidas para uma cultura de melhoria contínua, elemento essencial em ambientes industriais altamente competitivos.

### **5.3 Recomendações para Trabalhos Futuro**

Várias possibilidades de aprofundamento emergiram a partir deste estudo. Uma primeira recomendação é a criação de um indicador formal e específico para monitorar a eficiência logística, permitindo mensurar com precisão o desempenho do novo setor ao longo do tempo. Também se sugere um estudo de viabilidade para a automação parcial da preparação dos gabaritos, especialmente em etapas repetitivas que podem se beneficiar de tecnologias de baixo custo.

A digitalização dos registros de rastreabilidade representa outra oportunidade importante, pois permitiria maior rapidez na consulta de informações e melhoria na consistência dos dados. Por fim, recomenda-se a replicação do modelo para outras áreas produtivas da empresa, adaptando a solução conforme as necessidades específicas de cada setor. Esse movimento pode ampliar ainda mais os ganhos obtidos e consolidar uma cultura transversal de excelência operacional.

## REFERÊNCIAS

- CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 7. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração da Produção e Operações: Manufatura e Serviços – uma abordagem estratégica**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- COSTA, F. M.; ANDRADE, L. P. Práticas de Engenharia Aplicadas ao Desenvolvimento de Chicotes Elétricos na Indústria Aeronáutica Brasileira. **Revista Brasileira de Engenharia Aeronáutica**, v. 9, n. 2, p. 45–58, 2020.
- GUEDES, M. C.; SILVA, R. T. da. **Sistemas Elétricos e Eletrônicos em Aeronaves**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar Desperdício**. São Paulo: Lean Enterprise Institute Brasil, 2003.
- SAE INTERNATIONAL. **SAE AS50881 – Aerospace Wiring Installation Practices**. Warrendale, PA: SAE, 2020.
- SCP S.A. **Fabrico de cablagem**. Disponível em: <https://scp-sa.es/pt/content/39-fabrico-de-cablagem>. Acesso em: 09 set. 2025.
- SILVA, J. R. da. **Sistemas Aviônicos e Interligações Elétricas**. São Paulo: Érica, 2018.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- TUBINO, D. F. **Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A Mentalidade Enxuta nas Empresas: Elimine o Desperdício e Crie Riqueza**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.