UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PAULO CEZAR DA ROCHA JÚNIOR

PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO DE UMA PEQUENA CONFECÇÃO: O TEMPO DE RESPOSTA AO CLIENTE DE VAREJO COMO UM OBJETIVO DA PRODUÇÃO

JUIZ DE FORA
2023

PAULO CEZAR DA ROCHA JÚNIOR

PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO DE UMA PEQUENA CONFECÇÃO: O TEMPO DE RESPOSTA AO CLIENTE DE VAREJO COMO UM OBJETIVO DA PRODUÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: D. Sc. Márcio de Oliveira

JUIZ DE FORA

2023

FICHA CATALOGRÁFICA

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração
automática da Biblioteca Universitária da UFJF,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

da Rocha Junior, Paulo Cezar.
PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO DE UMA PEQUENA CONFECÇÃO: O TEMPO DE RESPOSTA AO CLIENTE DE VAREJO COMO UM OBJETIVO DA PRODUÇÃO / Paulo Cezar da Rocha Junior. -- 2023.
74 f.

Orientador: Márcio de Oliveira
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia, 2023.

1. Tempo de Resposta ao Cliente. 2. Alto Nível de Variedade de Produção. 3. Planejamento e Controle de Processos Produtivos. I. de Oliveira, Márcio, orient. II. Título.

PAULO CEZAR DA ROCHA JÚNIOR

AGRADECIMENTOS

A todos que de algum modo contribuíram na minha formação pessoal e profissional, possibilitando meu desenvolvimento, meus sinceros agradecimentos.

A Deus que me deu as oportunidades que culminaram nesse momento.

A sociedade que mantem a universidade pública, fonte do conhecimento teórico deste trabalho.

A empresa objeto de estudo que confiou no meu potencial de agregar valor e trabalhar para o bem de ambas as partes.

A minha família que me apoiou e incentivou durante meus estudos acadêmicos.

A meus professores, que repassaram experiências e conhecimentos adquiridos, investindo tempo para tal.

PAULO CEZAR DA ROCHA JÚNIOR

PLANEJAMENTO E CONTROLE DE PRODUÇÃO DE UMA PEQUENA CONFECÇÃO: O TEMPO DE RESPOSTA AO CLIENTE DE VAREJO COMO UM OBJETIVO DA PRODUÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em 06 de dezembro de 2023.

BANCA EXAMINADORA

D. Sc. Márcio de Oliveira (Orientador)
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc., Antônio Ângelo Missiaggia Picorone
Universidade Federal de Juiz de Fora

D. Sc., Roberto Malheiros Moreira Filho
Universidade Federal de Juiz de Fora

RESUMO

O presente trabalho estuda o Tempo de Resposta ao Cliente (TRC) e as estratégias adotadas no planejamento e controle de produção de uma pequena indústria do ramo de confecção, situada na cidade de Juiz de Fora – MG, afim de atender a demanda, a qual possui grande variedade de itens. Para tanto, o pesquisador, por meio de observação participante, faz o estudo e a análise da estratégia de postergação da etapa de diferenciação de produtos, bem como da gestão do estoque intermediário anterior à etapa de produção, do gargalo de Produção da empresa e dos fatores operacionais que definem o TRC da empresa inerentes ao Planejamento e Controle de Processos Produtivos. A pesquisa concluiu que o TRC é definido, principalmente, por questões inerentes ao gargalo de produção, bem como que existem vantagens em dimensionar o estoque intermediário com base na taxa de ativação do gargalo e no giro de estoque, adotando a estratégia de produção puxada para itens de menor giro sem gerar piora no TRC.

Palavras-chave: Tempo de Resposta ao Cliente (TRC), Alto Nível de Variedade de Produção, Planejamento e Controle de Processos Produtivos.

ABSTRACT

The present work studies the Customer Response Time (TRC) and the strategies adopted in the planning and production control of a small clothing industry, located in the city of Juiz de Fora – MG, in order to meet demand that has a wide variety of items. To this end, the researcher, through participant observation, studies and analyzes the strategy for postponing the product differentiation stage, as well as the management of intermediate stock prior to this production stage, the company's production bottleneck and operational factors that define the company's TRC inherent to the Planning and Control of Production Processes. The research concluded that the TRC is defined mainly by issues inherent to the production bottleneck, as well as that there are advantages in sizing the intermediate stock based on the bottleneck activation rate and stock turnover, adopting the pull production strategy. items with lower turnover without generating a lag worsens the TRC.

Keywords: Customer Response Time (TRC), High Level of Production Variety, Planning and Control of Production Processes.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Fluxo macro do processo produtivo da empresa 17
FIGURA 2 - Custo de armazenamento em função do nível de postergação de etapas 26
FIGURA 3 - Representação dos custos de armazenamento em função da quantidade total armazenada 61
FIGURA 4 - Representação da probabilidade de disponibilidade de um item em função da quantidade total armazenada 62
FIGURA 5 - Representação dos custos de armazenamento em função da probabilidade de disponibilidade em estoque 63
FIGURA 6 - Representação da influência em dimensionar o estoque pela P1 nos custos de armazenamento em função da probabilidade de disponibilidade em estoque para diferentes tamanhos de fila de itens a serem produzidos 65
FIGURA 7 - Representação da influência de um tamanho de estoque fixo nos custos de armazenamento em função da probabilidade de disponibilidade em estoque para diferentes tamanhos de fila de itens a serem produzidos 66

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Etapas do Processo Produtivo de acordo com a classificação. 31
QUADRO 2 - Proporção de vendas dos itens de maior giro de estoque intermediário em Agosto de 2023 64

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Dispersão entre DEI e TRC 37
GRÁFICO 2 - Evolução ao longo do tempo da DEI e do TRC 38
GRÁFICO 3 - Dispersão entre demanda e TRC 40
GRÁFICO 4 - Evolução ao longo do tempo da demanda e do TRC..... 41
GRÁFICO 5 - Dispersão entre tamanho da fila de produção e TRC 42
GRÁFICO 6 - Evolução ao longo do tempo da demanda e do TRC..... 43
GRÁFICO 7 - Dispersão entre tamanho da fila de produção deslocada e TRC 44
GRÁFICO 8 - Evolução ao longo do tempo da fila de produção deslocada e do TRC 44
GRÁFICO 9 - Dispersão entre o somatório da complexidade da demanda e TRC 46
GRÁFICO 10 - Evolução ao longo do tempo da média da complexidade das peças demandadas e do TRC..... 46
GRÁFICO 11 - Dispersão entre o TRC calculado pela Equação 1 e o TRC real 51
GRÁFICO 12 - Dispersão entre o TRC calculado pela Equação 2 e o TRC real 52
GRÁFICO 13 - Evolução ao longo do tempo da Média do TRC calculado pela Equação 1 e do TRC real 52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

TRC	Tempo de Resposta ao Cliente
PEV	Postergação de Etapas de Variedade
PPCP	Planejamento, Programação e Controle de Produção
LT	*Lead Time*
MTS	*Make to Stock*
ATO	*Assebly to Order*
MTO	*Make to Order*
MTA	*Make to Availability*
TOC	*Theory of Constraints, Teoria das Restrições*
PCP	Planejamento e Controle de Produção
ERP	*Enterprise Resource Planning*
DEI	Disponibilidade de Estoque Intermediário
TPC	Tambor-pulmão-corda
LTs	*Lead Times*
MR	Manufatura Responsiva
QR	*Quick Response*
OPT	*Optimized Production Technology*
RBDs	Regras Básicas de Despacho
EDD	*Earlier Due Date*
MS	*Minimum Slack First*
SST	*Shortest Setup Time*
SPT	*Shortest Processing Time*
SQNO	*Shortest Queue at Next Operation*
WIP	*Work in Process*

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Função Linear de Cálculo do TRC 50
Equação 2: Função Polinomial de Cálculo do TRC 51

SUMÁRIO

FICHA CATALOGRÁFICA 3
AGRADECIMENTOS 4
RESUMO 6
ABSTRACT 7
LISTA DE FIGURAS 8
LISTA DE QUADROS 9
LISTA DE TABELAS 10
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS 11
SUMÁRIO 15

1. INTRODUÇÃO 15

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS 15
1.2 JUSTIFICATIVA 15
1.3 ESCOPO DO TRABALHO 16
1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS 18
1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA 18
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO 22

2. TEMPO DE RESPOSTA, POSTERGAÇÃO DE ETAPAS DE VARIEDADE ESTRATÉGIAS, SISTEMAS DE PRODUÇÃO E SEQUENCIAMENTOS. 23

2.1 TEMPO DE RESPOSTA AO CLIENTE 23
2.2 POSTERGAÇÃO DE ETAPAS DE VARIEDADE 25
2.3 TEORIA DAS RESTRIÇÕES DE GOLDRATT (1984) - *TEORY OF CONSTRAINTS* - TOC 27
2.4 ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO 29
2.5 ESTRATÉGIAS DE SEQUENCIAMENTOS DE PRODUÇÃO. 33

3. TRC – UM OBJETIVO DA EMPRESA: 35

3.1 A DEI E O TRC 35
3.2 CONSTATAÇÕES: FATORES QUE INFLUENCIAM NO TRC DA EMPRESA 39

3.3 A ESTRATÉGIA DE SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO DA ESTAMPARIA 53
3.4 P1: UMA ANÁLISE OPERACIONAL E ECONÔMICA 59

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS 67

REFERÊNCIAS 69

ANEXO A: ENTREVISTA COM O RESPONSÁVEL PELO PCP DA EMPRESA 71

ANEXO B: TRECHO DO BANCO DE DADOS 74

ANEXO C: TERMO DE AUTENCIDADE 75

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Durante a pandemia de COVID-19, o comércio eletrônico (*E-Commerce*) ganhou fatia de mercado no Brasil, em especial na indústria da moda que representa o segmento com mais vendas pela internet no período (Dias, 2021). Segundo o Schiavini (2022), muitos brasileiros fizeram suas primeiras compras *on-line* durante a quarentena e tiveram boas experiências de compra, o que levou o consumidor a manter o hábito de comprar pela internet mesmo após o fim da pandemia.

Segundo Benitez (2021), o prazo de entrega em compras pela internet é um dos aspectos mais importantes na experiência do consumidor final e impacta diretamente no nível de satisfação do cliente e na fatia de mercado que uma empresa ocupa. Tal autor também elucida que o controle de estoques é um importante meio para reduzir o prazo de entrega. Assim, buscar um Tempo de Resposta ao Cliente (TRC) baixo por meio do uso eficiente de estoques pode ser uma estratégia para tornar um negócio mais competitivo e lucrativo.

Conforme levantado por Schiavini (2022), a personalização de produtos é outro fator que pode levar ao aumento do faturamento e a fidelização do cliente: tal prática cria produtos exclusivos, de maior valor agregado e com demanda de mercado. A personalização também cria no consumidor uma percepção melhor da marca pelo processo de ideação do produto. Desse modo, a oferta de uma gama de produtos com alta variedade e personalizáveis pode aumentar o lucro de empresa.

Esse trabalho pretende discursar sobre as estratégias adotadas por um pequeno e-*commerce*, com a indústria situada em Juiz de Fora – MG, que atua como confecção e estamparia, possui um portifólio com grande variedade de itens, adota a estratégia de postergar as etapas de diferenciação dos produtos e que realiza o controle de seu TRC por meio da gestão de estoques intermediários.

1.2 JUSTIFICATIVA

Este trabalho apresenta uma contribuição literária a respeito da adoção da estratégia de Postergação de Etapas de Variedade (PEV) aliada a manutenção de estoques intermediários

e a gestão de gargalos: meios possíveis de serem usados para o controle do TRC de empresas manufatureiras varejistas com portifólio de grande variedade. Tal contribuição literária pode vir a ser fonte para trabalhos que abordem temas similares.

Uma vez que o TRC da empresa é diretamente ligado à satisfação do cliente e é um importante fator para o sucesso do negócio, este trabalho, ao estudar tal TRC e buscar melhorias nesse indicador, apresenta uma contribuição para a empresa varejista manufatureira que é objeto do estudo.

Uma vez que a temática do estudo aborda operações dos sistemas que criam e entregam os produtos primários de uma empresa, o trabalho se trata de um estudo de caso de Engenharia de Produção que, de acordo com a classificação proposta pela Abepro (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2023), é relacionado a área de Engenharia de Operações e Processos da Produção. Ainda de acordo com a classificação proposta pela ABEPRO, o texto possui relação com a subárea de Planejamento, Programação e Controle de Produção (PPCP) uma vez que disserta sobre a alocação de recursos, matérias e capacidade de produção com o objetivo de atender clientes. E ainda, a pesquisa trata sobre a subárea de Gestão de Sistemas de Produção e Operações tendo em vista que essa classificação é referente a atividade de gerenciamento estratégico de recursos escassos. Ademais, a obra aborda a subárea de Processos Produtivos Discretos e Contínuos: Procedimentos, Métodos e Sequências, tendo em vista que são estudadas as atividades de produção dos produtos finais de uma empresa e estas atividades seguem uma sequência lógica de etapas na cadeia produtiva.

Por fim, mas não menos importante, o trabalho servirá para o autor observar e inferir em chão de fábrica acerca dos conhecimentos adquiridos nas subáreas estudadas no texto e contribuir academicamente com conhecimento que ele obteve no decorrer de seu curso de graduação em Engenharia de Produção na UFJF e nas suas experiências de trabalho na empresa objeto do estudo de caso.

1.3 ESCOPO DO TRABALHO

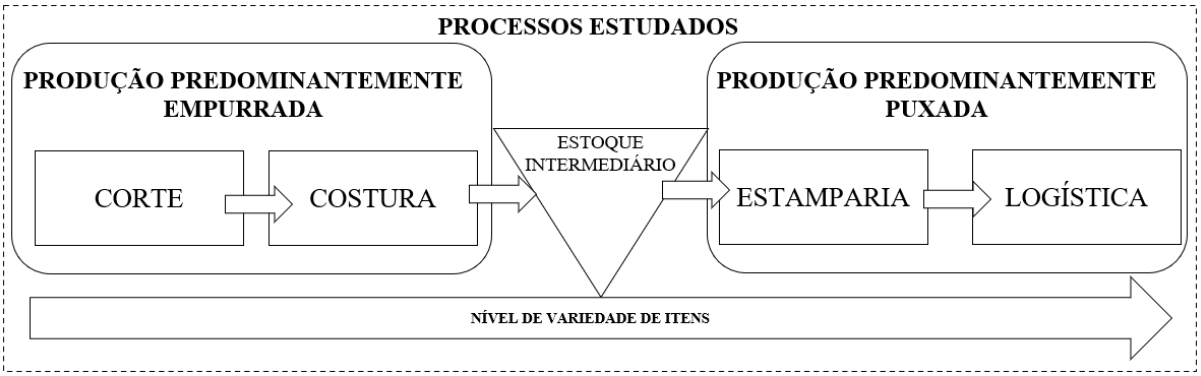
Este estudo tem como objeto de investigação o sistema e a estratégia de produção baseada em um estoque intermediário com a intenção de permitir alta variedade de saídas ao processo produtivo de uma confecção e estamparia situada em Juiz de Fora - MG. O trabalho também investiga os meios utilizados pela empresa na elaboração de seu sequenciamento de

produção. Assim, a questão que este texto visa responder é: Qual é o real impacto do estoque intermediário no TRC de uma confecção e estamparia varejista de Juiz de Fora – MG?

A empresa possui quatro setores responsáveis por transformar as matérias-primas em produto final e realizar o despache ao cliente: (i) Corte, (ii) Costura, (iii) Estamparia, e, (iv) Logística. O setor de Estamparia possui dois processos distintos, paralelos e independentes: silk e digital – as peças que são destinadas ao silk não são destinadas ao digital e vice-versa. Devido a menor representatividade de volume produzido no processo digital, este trabalho tem o foco concentrado no processo em silk. A empresa possui um estoque intermediário imediatamente antes da Estamparia, a qual é identificada como o gargalo de produção e o principal ponto que acrescenta variedade aos produtos. Esse estoque intermediário é gerenciado buscando manter alta taxa de disponibilidade e a taxa de ativação máxima do gargalo de produção, evitando que ocorram faltas perceptíveis a Estamparia e objetivando diminuir o TRC.

Na estratégia adotada pela empresa, de acordo com o mostrado na Figura 1, os setores de Corte e Costura tendem a trabalhar para abastecer o estoque intermediário sendo acionados pela previsão de demanda da empresa e por eventuais faltas no estoque intermediário observadas, com estratégia predominantemente do tipo empurrada. Em contrapartida, a Estamparia e a Logística são acionadas seguindo a demanda puxada pelo cliente, acrescentando a variedade dos produtos de acordo com o que foi vendido, seguindo a fila de itens demandados pelos clientes.

FIGURA 1 - Fluxo macro do processo produtivo da empresa



Fonte: o autor.

O trabalho se limita a estudar os processos limitados aos setores de Corte, Costura e Estamparia da empresa, além do estoque intermediário entre a Costura e a Estamparia assumindo que não há influência significativa de outros setores nas estratégias adotadas no

processo produtivo da empresa. Assim, o trabalho assume que a atuação desses três setores em conjunto é o que determina o TRC. Ademais, o trabalho se refere ao termo fila como sendo relativo à demanda de pedidos a serem atendidos, não possuindo relação com o trabalho em processo.

O trabalho também assume que a percepção do observador participante, do setor de PCP, e funcionários que trabalham diretamente com o estoque intermediário, são importantes para o levantamento de dados qualitativos do trabalho e para inferir sobre possíveis melhorias. Registro de eventos extraordinários também são abordados na obra em ocasiões que haja influência destes no fluxo produtivo.

Ademais o trabalho se limita a estudar o período entre janeiro de 2023 e agosto de 2023, período que coincide com a coleta de dados durante a observação participante do autor.

Por fim, o trabalho delimita que a demanda da empresa é equivalente ao que é vendido, uma vez que a empresa possui um portifólio pré-definido em site, não trabalha com a estratégia de permitir faltas e não há quantidade representativa de vendas perdidas, bem como que a empresa parte das informações de vendas concretizadas para programar sua produção.

1.4 ELABORAÇÃO DOS OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho foi identificar como as estratégias de produção adotadas pela empresa e as decisões a respeito de seu estoque intermediário afetam o TRC.

Foram objetivos específicos do trabalho identificar as estratégias produtivas adotadas pela empresa, mapear como é realizado o gerenciamento do estoque intermediário e elucidar as vantagens e desvantagens do modelo de gestão de produção adotado pela empresa.

1.5 DEFINIÇÃO DA METODOLOGIA

O caminho percorrido no trabalho teve início com a Revisão Bibliográfica, seguindo com as etapas de Coleta de Dados, Análise de Dados, Resultados e Conclusões.

1.5.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Durante a elaboração do trabalho, foram pesquisados os seguintes temas:

(I) A definição e a importância do TRC associado ao *Lead Time* (LT) de Produção, a estoques e seu giro conforme o modelo ABC;

(II) A conceituação da estratégia de PEV;

(III) Estratégias de produção MTS (*Make to Stock*), ATO (*Assebly to Order)*, MTO (*Make to Order*) e MTA (*Make to Availability*), utilizadas em manufaturas visando a organização dos recursos produtivos.

(IV) A Teoria das Restrições de Goldratt (TOC - *Theory of Constraints*): para o bom entendimento dos conceitos de gargalo, sistemas Tambor-pulmão-corda e estoques intermediários.

(V) Estratégias de sequenciamento de produção: sequenciamentos baseados em datas devidas de pedidos, trabalho em processo, eficiência de uso de recursos e na redução de tempos totais de *setup* serão abordados para o entendimento de meios capazes de alcançar diferentes objetivos de produção.

Dentre os textos citados, as fontes clássicas colaboram para elucidar casos e conceitos comuns ao Planejamento, Programação e Controle da Produção (PPCP), enquanto que fontes recentes, em geral, vem acompanhadas de exemplos em casos e servem de base para temas mais específicos e similares ao encontrado no ambiente de estudo. Nessa etapa, foram consultados livros relevantes na área de Engenharia de Produção, em especial os que abordam temas de PPCP, bem como artigos e textos disponíveis em periódicos de domínio público.

Tal etapa foi importante na pesquisa para a obtenção de conhecimentos teóricos, para a definição dos objetivos, a viabilidade e a relevância de se abordar cada tema no texto.

1.5.2 COLETA DE DADOS

No decorrer do desenvolvimento do trabalho, os dados foram coletados por meio de: (i) Observação Participante; (ii) Pesquisa Documental; e, (iii) Entrevista Semiestruturada com colaboradores da empresa. Vale ressaltar que o pesquisador possui vínculo empregatício lotado no setor de Planejamento e Controle de Produção da empresa, o que lhe possibilitou a coleta dos dados em campo.

1.5.2.1 PESQUISA DOCUMENTAL

A pesquisa documental teve por finalidade a coleta de dados advindos dos sistemas internos da empresa, em especial via plataforma com gerenciamento *Enterprise Resource Planning* (ERP) e por planilhas de controle interno da organização.

Visando monitorar a demanda da empresa, foram colhidos dados do seu histórico de vendas via plataforma ERP. O histórico de vendas possibilitou obtenção do indicador TRC por

meio da aferição da diferença, em dias, entre quando um pedido foi atendido pela empresa e quando ele foi posto em carteira pelo cliente do varejo.

Durante a coleta de dados foram levantados diariamente, por meio de planilhas de controle interno, indicadores e informações da demanda, fila de produção, complexidade das peças produzidas e do estoque intermediário da empresa. Dentre os dados obtidos destacam-se a quantidade absoluta de itens em estoque intermediário da empresa, bem como o tamanho da fila de produção da empresa. Também foram levantadas as informações sobre a proporção de itens na fila com Disponibilidade de Estoque Intermediário (DEI). Em seguida, tais dados foram correlacionados com o TRC da empresa para aferir a influência destes.

1.5.2.2 OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE

Por meio de observação participante, possibilitada pelo labor do pesquisador na empresa, foi estabelecido um fluxograma dos processos produtivos e da sequência lógica de fabricação na empresa, bem como foi realizada a classificação do processo produtivo tecnicamente. Ao descrever os processos da empresa, o pesquisador apresentou a função de cada setor na fabricação dos produtos, assim como as possibilidades de intervenção e programação de processos pelo PCP (Planejamento e Controle de Produção). O acesso ao cotidiano da empresa também permitiu a identificação dos meios utilizados para gerenciar a manufatura estrategicamente, das vantagens e desvantagens advindas de tais meios.

1.5.2.3 ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

O pesquisador realizou uma entrevista semiestruturada com o responsável pelo setor de PCP. Tal entrevista teve por objetivo colher a percepção do agente a respeito do contexto produtivo principalmente no que diz respeito a DEI, bem como os objetivos gerais da manufatura e as estratégias adotadas no PCP para alcançá-los. Esperava-se descobrir com o entrevistado como se dá a sua percepção da evolução do TRC em função da DEI.

1.5.3 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados numéricos obtidos no trabalho, transformados em indicadores e informações, foram manipulados de forma que se levantaram hipóteses de correlação entre: (i) As estratégias produtivas adotadas percebidas em campo; (ii) Os valores obtidos pelos indicadores de estoque, demanda, fila de produção, complexidade da operação; e, (iii) O TRC. Ou seja: o trabalho relacionou a variação dos indicadores com a variação do TRC e julgou a coerência dos dados

em decorrência das estratégias de produção adotadas. Dentro da análise buscou-se documentar as estratégias identificadas, bem como as restrições encontradas no contexto produtivo.

Devido a demanda sazonal da empresa, a evolução dos indicadores numéricos relacionados a fila de pedidos para a produção levou em conta a variação de demanda ao longo do tempo. Alguns indicadores foram manipulados em formato de médias e médias ponderadas com fins de simplificação e representatividade de períodos mais extensos.

1.5.4 RESULTADOS E CONCLUSÕES

De posse das análises realizadas, foram abordados os resultados obtidos, quantitativamente e qualitativamente, sobre a influência no TRC da empresa provenientes das características do sistema de produção e das estratégias adotadas para o processamento de tarefas. Ademais, foram sintetizadas as ideias a respeito de mudanças potencialmente viáveis e as conclusões relativas as vantagens e desvantagens competitivas da empresa em utilizar as estratégias e as ferramentas identificadas na linha de produção. Por fim, foram sugeridos pontos com potencial de agregar valor a serem considerados para futuros estudos a respeito do processo produtivo da manufatura.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho conta com:

(i) Introdução contendo as considerações do autor, a justificativa do trabalho, seu escopo e seu objetivo.

(ii) Revisão bibliográfica sobre os temas que são tratados na pesquisa e que são essenciais para a sua compreensão;

(iii) Desenvolvimento da obra: possuindo uma seção dedicada a exposição e análise da premissa inicial do trabalho, uma seção com questões a serem consideradas ao objetivar a melhoria do TRC, uma seção de explicação e análise do sequenciamento de produção da empresa e, por fim, uma seção abordando os benefícios de se implementar mudanças na gestão do processo produtivo.

(iv) Considerações finais, constando os resultados alcançados pautados nas informações obtidas no desenvolvimento;

Ao final do trabalho, constarão listadas as referências utilizadas na obra, seguida pela entrevista realizada com o responsável pelo PCP da empresa (em anexo).

2. TEMPO DE RESPOSTA, POSTERGAÇÃO DE ETAPAS DE VARIEDADE ESTRATÉGIAS, SISTEMAS DE PRODUÇÃO E SEQUENCIAMENTOS.

Ao longo deste capítulo, é apresentado ao leitor uma revisão da bibliografia existente sobre temas inerentes ao desenvolvimento do trabalho: TRC, PEV, estratégias de produção, a TOC de Goldratt (1984) e sequenciamentos de produção. Ademais, a gestão de estoques intermediários é abordada no decorrer das seções.

A empresa do estudo possui uma configuração semelhante ao sistema TPC proposto na TOC, com um estoque tipo pulmão imediatamente antes de seu provável gargalo de produção.

Observa-se também que a empresa trabalha com um mix de estratégias com princípios observados em ambientes MTS, MTO, ATO e MTA a depender da variação e sazonalidade da demanda e do tipo de produto a ser confeccionado, sendo importante compreender tais estratégias para compreender o sequenciamento de produção e a dinâmica envolvendo os estoques.

Também observou-se que a empresa posterga as etapas de variedade do seu processo produtivo que é feita no setor de Estamparia, mantendo um estoque intermediário de famílias de produtos imediatamente antes da Estamparia para reduzir seus custos de armazenamento.

Ademais, percebeu-se que o sequenciamento de produção na Estamparia é feito objetivando minimizar o TRC, fazendo-se importante compreender sua estratégia, pontos positivos, pontos negativos e pontos de melhoria.

Assim, a compreensão desses temas, relacionados ao processo produtivo da manufatura, pode vir a ajudar na compreensão da dinâmica produtiva da empresa e auxiliar no alcance dos objetivos do trabalho.

2.1 TEMPO DE RESPOSTA AO CLIENTE

A Competição Baseada no Tempo proposta por Stalk e Hout (1990, *apud* Fernandes et. al, 2012) se trata de contextos em que o tempo é o principal fator competitivo. Cachon e Swinney (2011, *apud* Fernandes et. al, 2012) indicam que existem casos onde tal competição deve buscar a obtenção de *Lead Times* (LTs) mínimos para ambientes de produção puxada.

Para Buettgen (2011), os ambientes de produção empurrada são aqueles que permitem maior redução de LT de produção e de TRC, uma vez que a produção é realizada antes da

demanda existir. Para tal, um sistema de *Materials Requirements Planning* (MRP) baseado em previsões de demanda pode ser utilizado a fim de garantir o cumprimento dos objetivos e ordens de produção.

Fernandes et. al (2012) abordam a Competição Baseada no Tempo sob a ótica da Manufatura Responsiva (MR):

> *"O contexto em que se aplica a MR é a alta variedade de produtos feitos sob encomenda tendo como um fator crítico de sucesso o tempo de resposta (diferença entre a data em que o cliente recebe o atendimento de seu pedido e a data em que o cliente faz o pedido) que deve ser o menor possível, porém sem deteriorar os níveis de produtividade e qualidade". (Fernandes et. al, 2012)*

Tais autores ainda indicam que a redução do TRC pode representar um importante trunfo competitivo capaz de implicar no aumento de proporção e quantidade de pedidos atendidos dentro do prazo para itens sob encomenda.

Golobovante, Gomes e Ribeiro (2018) sugerem que a adoção da estratégia *Quick Response* (QR) e a gestão de estoques são meios possíveis para alcançar um TRC menor. Em seu estudo aplicado a empresas do setor da moda, a relação entre a QR, o TRC e o ramo *Fast Fashion*, sugere que a agilidade produtiva é um fator que pode impactar positivamente no TRC.

Sobre o papel do consumidor, desde a segunda metade do Século XX, este tem estado mais exigente, buscando maior variedade e maior velocidade (entendida como a percepção entre a requisição de um item e esse chegar ao requisitante, ou seja, como o TRC). Desse modo, os sistemas orientados ao mercado têm ganhado espaço e o cliente passado a ser a força direcionadora das forças produtivas, conforme afirmam Fernandes e Godinho Filho (2010). Em sua obra, Slack e Brandon-Jones (2019) confrontam os objetivos de desempenho volume e variedade como potenciais antagônicos; e, já que as firmas que buscam o contato maior com o consumidor tendem a produzir em maior variedade, elas podem comprometer o objetivo de produzir em volume e prejudicar o LT de produção pela alta frequência de tempos de *setups*, impactando no TRC.

Ballou (2006, *apud* Rommeu, Vizzotto, 2017), elucida que o controle de estoque pode ser determinante para as organizações, garantindo a empresa condições para atender seus clientes em tempo hábil. Portanto, a falta de um controle eficiente na gestão de estoques pode levar a atrasos na produção e, consequentemente, a um TRC não razoável.

Martin (2018), por sua vez, defende que muitas vezes a proliferação de produtos pode não alcançar vendas adicionais e espalhar a demanda total em uma maior variedade de itens.

Quanto maior a fragmentação da demanda, mais difícil é fazer a gestão de estoques uma vez que a variabilidade em se tratando de item individual possui tendência a aumentar.

Costa (2017), defende que em um gerenciamento de estoque, o giro de cada variedade é importante para definir a quantidade a se manter armazenada. O resultado desse gerenciamento é uma Curva ABC: Com itens de maior giro (itens tipo A) compondo a maior parte do estoque, Itens de giro mediano (itens tipo B) compondo uma proporção intermediária do estoque, e, itens de baixo giro (itens tipo C) compondo menor proporção do estoque. Tal distribuição tem por premissa aumentar a probabilidade de disponibilidade de estoque de acordo com a demanda e pode vir a resultar em um TRC razoável.

2.2 POSTERGAÇÃO DE ETAPAS DE VARIEDADE

A estratégia de PEV faz sentido ao se considerar organizações orientadas pelo mercado, oferecendo diferentes produtos ou serviços para captar e reter consumidores satisfeitos ao produzir o máximo de valor para o cliente (Waller; Dabholkar; Gentry, 2000).

Para Alderson (1950), a PEV pode ser reconhecida quando a diferenciação de um produto é a etapa que define sua identidade e acontece como a última, respeitando as restrições de processo, dentre as possíveis em sua manufatura. Para tal, essa etapa de diferenciação do produto deve ser postergada até que a demanda do produto final desta identidade aconteça, observando os riscos e custos de estoque de produtos finais.

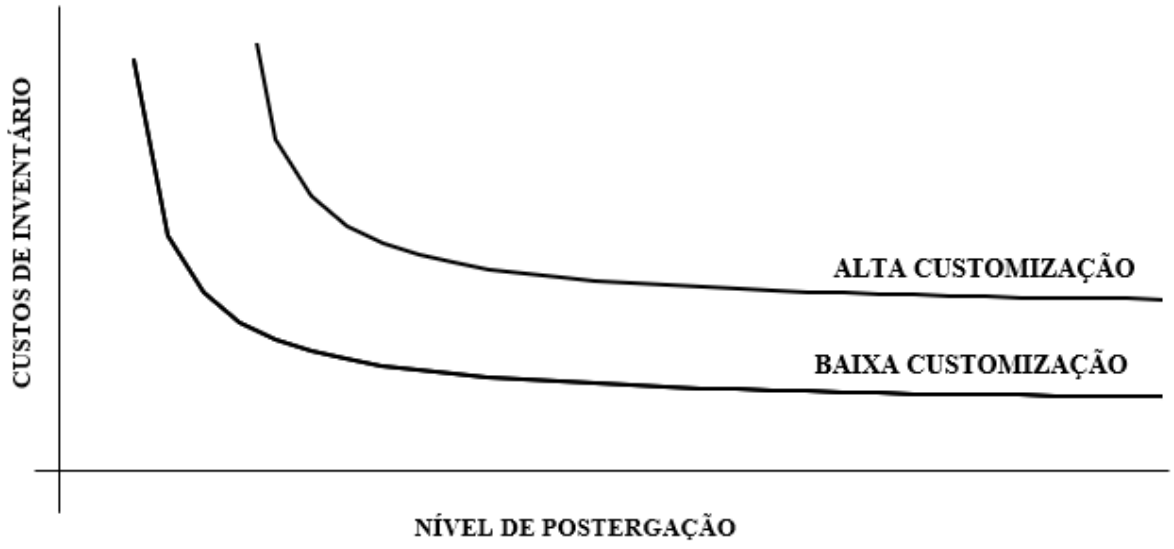
No trabalho de Parsons (2004) é possível observar a aplicação da PEV no sistema de produção de camisetas Rebook para a liga NFL. As chamadas “camisetas vazias” são uniformes de um time da liga sem o nome e o número dos atletas, os quais são aderidos na camiseta na última etapa de fabricação e garantem a possibilidade de flexibilizar a quantidade de camisetas de cada atleta. Como parte dessa estratégia, “A Reebok também usa as camisas “vazias” durante o recesso antes da temporada para atender a uma demanda imediata de atletas que inesperadamente mudam de time” (PARSONS, 2004, p. 04, tradução nossa). Em tal trabalho, o autor afirma que como via de regra, a previsão de demanda era feita agregando a demanda por time.

Para Waller, Dabholkar e Gentry (2000), quando uma firma realiza a PEV, ela abre mão de ter item final em estoque e os clientes tem que esperar por um tempo maior para ter seu pedido atendido, tendendo a procurar produtos de concorrentes com estoque disponível. Entretanto, a postergação permite oferecer produtos mais próximos às necessidades do cliente,

criando valor advindo de personalização ou customização, e, permite à companhia desenvolver maior variedade de versões de itens similares entre si, incrementando a flexibilidade da empresa. Para tais autores, a PEV pode ser observada em ambientes e cadeias de suprimento que realizam montagem sob encomenda após criada a demanda do cliente final, o que diminui a variabilidade de itens armazenados. Conforme a Figura 2, tal estratégia também possui por benefício a redução de custos de estoque: "É menos custoso estocar componentes e materiais do que estocar produtos finais uma vez que os últimos contem mais trabalho e materiais incluídos" (Waller, Dabholkar e Gentry, 2000). Assim, a PEV pressupõe a existência de estoques intermediários de famílias de itens semiacabados imediatamente antes das etapas que acrescentam a variedade aos produtos e o gerenciamento dos estoques passa a considerar demanda agregada em famílias.

Na Figura 2, observa-se que produtos com maior customização tendem a custar mais para se armazenar, enquanto que produtos com menor customização tendem a custar menos em estoque. Também se observa que a PEV permite a redução de custos de inventário uma vez que se armazenam famílias de produtos em estoques intermediários, diminuindo a diferenciação dos itens e o volume total armazenado, e postergando-se as etapas responsáveis pela diferenciação.

FIGURA 2 - Custo de armazenamento em função do nível de postergação de etapas



Fonte: Adaptado de Waller, Dabholkar e Gentry, 2000.

2.3 TEORIA DAS RESTRIÇÕES DE GOLDRATT (1984) - *TEORY OF CONSTRAINTS* - TOC

A TOC de Goldratt (1984), é uma abordagem de gerenciamento que se concentra em identificar e melhorar a restrição ou gargalo em um sistema para melhorar seu desempenho geral. O conceito fundamental da TOC é que todo sistema complexo possui pelo menos uma restrição que limita sua capacidade de alcançar seus objetivos (Corrêa, Corrêa, 2009). Segundo os autores Corrêa e Corrêa (2009), a TOC enfatiza a importância de identificar e focar na restrição mais crítica para melhorar o desempenho geral do sistema e, uma vez identificada a restrição, a TOC propõe um processo de cinco etapas para melhorar o desempenho por meio do processo de decisão *Optimized Production Technology* (OPT):

a) Identificar a restrição: é necessário identificar claramente qual parte do sistema está limitando o desempenho geral.
b) Explorar a restrição: compreender a natureza e as causas da restrição para encontrar maneiras de superá-la.
c) Subordinar tudo o mais à restrição: garantir que todas as outras atividades e processos no sistema estejam alinhados para apoiar a remoção ou mitigação da restrição.
d) Elevar a restrição: tomar medidas para aumentar a capacidade da restrição, seja por meio de melhorias de processo, investimentos em tecnologia ou outras soluções.
e) Repetir o processo: à medida que a restrição principal é superada, uma nova restrição pode surgir em outro lugar do sistema. O processo de identificação, exploração, subordinação e elevação é repetido para melhorar continuamente o desempenho do sistema.

Tavares (2018) em seu trabalho aplicado a uma indústria automotiva, indica que a identificação dos gargalos de produção permitiu a sua melhor exploração por meio da implementação da metodologia OPT, proposta por Goldratt. Tavares (2018) afirma que o método de exploração de gargalos contribuiu para melhorar a capacidade da linha de montagem objeto de estudo.

Além disso, a TOC enfatiza a importância do uso de *buffers* de segurança para lidar com a variabilidade e incertezas nos sistemas. Tais *buffers* de segurança muitas vezes são estoques intermediários posicionados nas linhas de produção imediatamente antes de recursos crítico e do gargalo de produção (Corrêa, Corrêa, 2009). Goldratt (2008) enfatiza que o

dimensionamento dos *buffers* é determinante para explicar o nível de atenção gerencial requerida em uma linha de produção instável: *buffers* pequenos estão relacionados a faltas por não comportarem falhas em elos da cadeia enquanto *buffers* grandes estão relacionados a engarrafamentos por superprodução – situações que exigem atenção gerencial. Portanto, segundo Goldratt (2008), um *buffer* dimensionado adequadamente resulta em menos problemas nos processos produtivos de natureza instável.

Cox III e Schleier (2013) discorrem sobre a capacidade protetiva nos *buffers* como sendo a capacidade de reabastecer os pulmões em tempo hábil. Para eles tal capacidade é fundamental na TOC pois, do contrário, o gargalo fica vulnerável a faltas e ociosidade em momentos de baixo nível no seu *buffer*. Assim, o ritmo de produção dos elementos que abastecem este estoque pode ser gerenciado de acordo com o nível do pulmão.

Viñas (2023) estudou a TOC em um ambiente de manufatura têxtil. Em seu trabalho, o autor analisou o balanceamento da produção de uma fábrica e os problemas nesse contexto propondo soluções com base na teoria. Como resultados, foram obtidas possíveis estratégias de reduções em custos de inventário, despesas operacionais e do estoque em processo.

Para Corrêa e Corrêa (2009), o Sistema TPC (Tambor-Pulmão-Corda) é um conceito chave da TOC. Esse sistema é utilizado para gerenciar a produção em um ambiente onde existem restrições ou gargalos que limitam a capacidade do sistema como um todo. O conceito do sistema TPC baseia-se em três elementos principais:

a) Tambor: O tambor refere-se à restrição principal ou gargalo do sistema. É o recurso ou processo que limita a taxa de produção ou capacidade do sistema como um todo. O tambor define o ritmo de produção para garantir que a capacidade da restrição seja otimizada.
b) Pulmão: O pulmão refere-se a um estoque de proteção estrategicamente colocado antes da restrição. Esse estoque é projetado para proteger o tambor de interrupções ou variações no processo anterior, como flutuações de demanda, problemas de qualidade ou tempos de *setup* prolongados. O pulmão permite que o tambor opere de forma contínua, mesmo quando ocorrem variações externas.
c) Corda: A corda representa o planejamento e o controle do fluxo de trabalho ao longo do sistema. Ela conecta o tambor e o pulmão com os processos anteriores e subsequentes. A corda é responsável por liberar o trabalho para o sistema, garantindo que a taxa de entrada seja ajustada de acordo com a capacidade do

tambor. Isso evita a sobrecarga do tambor com mais trabalho do que ele pode processar, garantindo um fluxo de produção equilibrado.

A ideia central do sistema TPC é sincronizar a produção em todo o sistema, garantindo que todos os processos operem de acordo com a capacidade do tambor, evitando gargalos e maximizando a eficiência global. A corda controla a taxa de entrada de trabalho, garantindo que o tambor seja protegido de possíveis interrupções, enquanto o pulmão lida com a variabilidade e as incertezas, permitindo um fluxo contínuo produção (Corrêa, Corrêa, 2009).

Ao implementar o sistema TPC, as organizações podem otimizar a utilização dos recursos, reduzir a variabilidade e melhorar o fluxo de produção, resultando em melhorias na produtividade, redução dos tempos de espera e maior eficiência geral do sistema produção (Corrêa, Corrêa, 2009).

Cox III e Schleier (2013) abordam alguns princípios da TOC com potencial de aplicação neste estudo, tais como:

a) Deve-se balancear o fluxo, não a capacidade: tal princípio é inerente a subordinação dos recursos ao fluxo do gargalo de produção, bem como o balanceamento de tarefas por rotas que diminuam a sobrecarga do gargalo.
b) Uma hora perdida em um gargalo é uma hora perdida em um sistema como um todo: Uma vez que o gargalo restringe as saídas de um sistema produtivo, ao se deixar de produzir por uma hora em um gargalo, não há como realizar a compensação de tal perda sem haver custos extraordinários.
c) Uma hora economizada em um recurso não gargalo é uma miragem: economizar em um recurso não escasso tende a aumentar a ociosidade deste.

2.4 ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO

As estratégias de produção *Make to Stock* (MTS), *Assebly to Order* (ATO), *Make to Order* (MTO) e *Make to Availability* (MTA), relacionadas ao planejamento e à gestão da produção, estão relacionadas ao ambiente do estudo de caso. No decorrer da observação participante, verificaram-se princípios dessas estratégias na manufatura estudada de acordo com o descrito por Fernandes e Godinho Filho (2010), por Lustosa et al. (2008) e, Souza e Pires (2014)

Segundo Lustosa et al. (2008), MTS significa “produzir para estoque”. Tal estratégia é adotada quando existem produtos padronizados e visa um rápido atendimento ao cliente.

Sistemas MTS baseiam-se fortemente em previsões de demanda e apresentam alto custo de estoque quando comparado a outras estratégias. MTS, para Fernandes e Godinho (2010), envolve a produção com base em previsões de demanda e a criação de estoques antes da venda. Nesse caso, os produtos são fabricados antecipadamente, com base em estimativas de demanda futura. Essa estratégia é adequada para produtos de alta previsibilidade e demanda estável. No contexto de Fernandes e Godinho Filho (2010), a estratégia MTS pode ser vista como uma forma de planejamento e controle da produção, envolvendo a definição de metas de produção, estimativa de demanda e dimensionamento dos recursos necessários para atender às expectativas de venda.

Para Lustosa et al. (2008), MTO significa "produzir sob encomenda". A etapa de produção só se inicia após o recebimento formal do pedido do cliente. O tempo de resposta é alto, e os estoques concentram-se no início da cadeia.". Para Fernandes e Godinho Filho (2010) a estratégia MTO implica na produção de produtos somente após a confirmação de um pedido específico do cliente. Nesse caso, os itens não são fabricados antecipadamente, mas sim sob demanda. Essa estratégia é adequada para produtos personalizados, com especificações únicas ou quando a demanda é incerta. Para implementar a estratégia MTO é necessário um planejamento flexível, capaz de adaptar rapidamente os processos produtivos às necessidades dos clientes. Conforme elucidado por Fernandes e Godinho Filho (2010), a estratégia MTO é benéfica quando se objetiva a gestão da qualidade total e na melhoria contínua, já que a produção sob demanda requer uma colaboração estreita entre as áreas de vendas, engenharia e produção para garantir a satisfação do cliente.

Lustosa et al. (2008) definem o ATO como: "montagem sob encomenda". Para Lustosa, a estratégia ATO pode ser usada em contextos tais como:

> "Produtos cuja característica é a possibilidade de pré-fabricar subconjuntos (ou módulos) que serão posteriormente montados de acordo com o pedido do cliente. Tal característica pode levar à diferenciação, com aumento da variabilidade. Possuem prazo médio de atendimento, incidindo custos razoáveis de estoque.". Lustosa et al. (2008)

Para os autores Fernandes e Godinho Filho (2010), a estratégia ATO envolve a produção de produtos personalizados ou configuráveis, onde os componentes individuais são pré-fabricados e montados de acordo com a demanda. Nesse caso, a produção ocorre após a seleção das opções e especificações pelo cliente. Essa estratégia combina características do MTS e MTO, permitindo uma produção mais eficiente, reduzindo a necessidade de produção sob encomenda completa. A estratégia ATO envolve o planejamento cuidadoso dos

componentes disponíveis, a capacidade de produção flexível e uma gestão eficaz da cadeia de suprimentos. Nesse contexto, pode se considerar a ATO como uma abordagem de otimização do fluxo de produção, reduzindo tempos de ciclo e custos por meio da modularidade e montagem sob demanda.

Em resumo, as estratégias MTS, MTO e ATO propostas por Lustosa et al (2008) e por Fernandes e Godinho Filho (2010) podem ser consideradas como estratégias com foco na gestão da produção e adaptáveis de acordo com as características do processo e do produto, demanda e necessidades dos clientes. As etapas do processo produtivo de cada estratégia, de acordo com Lustosa et al (2008), são representadas no Quadro 1, o qual também apresenta as etapas que compõem o TRC.

Por meio do Quadro 1, observa-se que a estratégia MTO possui mais etapas de produção que contribuem para o TRC: o que gera um TRC maior. Em contrapartida, a estratégia MTS possui somente a etapa de entrega contribuindo para o TRC: o que gera um TRC menor. Ademais, como a estratégia MTS produz baseando-se em previsões de demanda, ela assume maiores riscos de distanciar das vendas: o que pode gerar custos. Em oposição, a estratégia MTO fabrica sob encomenda: reduzindo os riscos de imobilização de ativos que o MTS assume. Por fim, a estratégia ATO se mostra em posição intermediária a MTS e a ATO, assumindo custos e benefícios de ambas em menor intensidade.

QUADRO 1 - Etapas do Processo Produtivo de acordo com a classificação.

CLASSIFICAÇÃO	ETAPAS DO PROCESSO PRODUTIVO			
MTS - MAKE TO STOCK	-	FABRICAÇÃO	ESTOQUE	ENTREGA
ATO - ASSEMBLE TO ORDER	FABRICAÇÃO	ESTOQUE	MONTAGEM	ENTREGA
MTO - MAKE TO ORDER	ESTOQUE	FABRICAÇÃO	MONTAGEM	ENTREGA

ETAPAS QUE NÃO COMPÕEM O TRC	ETAPAS QUE COMPÕEM O TRC

Adaptado de Lustosa et al, 2008

Cada uma das estratégias de produção - MTS, ATO, e MTO – conforme representado no Quadro 1, está associada a diferentes TRCs: Para Fernandes e Godinho (2010), na estratégia MTS, considerando que os produtos são fabricados anteriormente a venda e se encontram disponíveis em estoque, o TRC tende a ser menor e corresponder ao tempo de entrega. Na estratégia ATO, tal indicador é composto pelo tempo de produção de componentes individuais acrescido do tempo de montagem e do tempo de entrega. Por fim, na estratégia ATO, o TRC é dado pela soma de tempos de fabricação de todos os componentes, montagem, e tempo de

entrega. Ademais, a estratégia MTS possui vantagem para processos cujo volume de produção é maior, enquanto que o MTO é favorável a processos com maior variedade. A estratégia ATO se posiciona em meio as duas quanto a vantagem em relação aos objetivos de volume e variedade.

Sobre o MTA, para Schragenheim, Dettemer e Patterson (*apud* Souza e Pires, 2014) e para Schragenheim (*apud* Souza e Pires, 2014), o MTA possui um compromisso com o mercado, ou com clientes específicos, e visa manter uma disponibilidade boa o suficiente de produtos estratégicos em estoque, havendo compromisso de entrega imediata mediante pedido.

Souza e Pires (2014) trazem a abordagem MTA como uma estratégia decorrente de ambientes de produção submetidos a TOC. Schragenheim, Dettmer e Patterson (*apud* Souza e Pires, 2014) definem a seguinte sequência lógica que deve ser seguida em sistemas MTA.

(i) Definir os níveis de estoque alvo: em um modo MTA, o estoque deve cobrir a "demanda média" de um produto acrescida de um estoque de segurança.

(ii) Gerar ordens de produção: cabe a produção atingir e manter o nível de estoque alvo definidos. Sempre que o nível de estoque existente acrescido das ordens de produção em aberto for inferior ao estoque alvo acrescido da demanda, deve-se gerar uma ordem de produção que considere o lote mínimo de produção e os tempos de *setup*, observando a não sobrecarga do sistema produtivo. Alternativamente, para a liberação de tais ordens, sistemas de controle de carga podem ser utilizados.

(iii) Gerenciamento do pulmão: nessa etapa, busca-se identificar situações em que o pulmão está pouco guarnecido, ou seja, os níveis de estoque estão abaixo do definido. Para a definição do grau urgência, podem ser definidos níveis levando em conta a porcentagem do estoque alvo que está disponível em estoque, o tempo previsto que o pulmão suportará a demanda e o tempo de produção necessário para recompor o pulmão.

(iv) Manter os níveis corretos de estoque alvo: enquanto os passos anteriores buscam evitar a falta de itens, tal passo busca evitar as sobras, diminuindo os custos de manutenção de estoque e de reposição quando não há necessidade. Para tal, busca-se observar casos em que o estoque alvo está alto e sua diminuição gradual é possível.

Assim, tal estratégia de produção permite, em produtos estrategicamente definidos, a eliminação ou a redução do LT ao tempo de distribuição ao cliente (Schragenheim; Dettmer;

Patterson, 2009, *apud* Souza e Pires, 2014), e, para os produtos pelos quais estrategicamente não são definidos níveis de estoque alvo o TRC pode incluir também o tempo de produção.

2.5 ESTRATÉGIAS DE SEQUENCIAMENTOS DE PRODUÇÃO.

Para Pinedo e Chao (1999), sequenciamento é um processo de tomada de decisão que desempenha um papel importante na maioria das indústrias de manufatura e serviços. Para tais autores, um sequenciamento deve utilizar técnicas matemáticas ou de métodos heurísticos para alocar recursos limitados no processamento de tarefas e uma alocação apropriada destes recursos permite à companhia otimizar os seus objetivos e alcançar suas metas. Ademais, os objetivos podem ser diversos, tais como, minimizar o tempo para completar todas as tarefas ou minimizar o número de tarefas atrasadas.

Pinedo e Chao (1999) elucidam que elaborar um sequenciamento ótimo pode exigir muito tempo e esforço computacional: recursos nem sempre disponíveis. Como alternativa, propõe-se técnicas chamadas Regras Básicas de Despacho (RBDs), capazes de gerar resultados aceitáveis próximos ao resultado ótimo e exigindo menor esforço computacional. As RBDs se preocupam em decidir em cada momento que uma máquina se encontra disponível qual a tarefa a ser executada dentre as possíveis. Algumas RBDs são:

I) EDD – *Earlier Due Date* (data de vencimento mais cedo): quando uma máquina está liberada, a tarefa com a data devida mais cedo é escolhida para ser processada. Tal sequenciamento é aceitável quando se objetiva minimizar o atraso máximo.

II) MS – *Minimum Slack First* (mínima folga primeiro): tal regra pode ser vista como uma variação da EDD, porém leva em consideração o tempo de processamento das tarefas, priorizando tarefas que serão concluídas em tempo mais próximo ou superior a sua data devida. Tal sequenciamento é aceitável quando se objetiva minimizar o atraso máximo.

III) SST - *Shortest Setup Time* (menor tempo de *setup*): quando uma máquina está liberada, a tarefa escolhida para ser processada é aquela que vai exigir menor tempo para se iniciar a operação – menor tempo de *setup* – o que pode ser viável quando se objetiva concluir todas as tarefas mantendo maiores taxas de produtividade e eficiência em um gargalo de produção, num menor tempo total, chamado de *Makespan*.

IV) SPT – *Shortest Processing Time* (menor tempo de processamento): tal regra seleciona tarefas que vão ser processadas e liberadas mais rapidamente, o que permite a redução mais rápida do número de tarefas em fila, do trabalho em processo (*Work in Process* - WIP) e do somatório dos tempos de finalização de tarefas.

V) SQNO – *Shortest Queue at Next Operation* – essa regra prevê que se selecione tarefas com menos tempo de processamento na próxima máquina – Tal regra é razoável para reduzir a ociosidade de máquinas.

Ademais, tais autores ressaltam que as RBDs são limitadas. Quando existem objetivos complexos que englobam diferentes fatores relevantes (tempos de *setup*, data devida e eficiência, por exemplo), nenhuma das RBDs performa efetivamente, com combinações entre RBDs podendo alcançar resultados significativamente melhores em contextos produtivos.

Mainieri e Ronconi (2010) estudam as RDBs em um ambiente de *flowshop*, a exemplo da empresa objeto deste estudo. Tais autores procuram comparar RDBs com o objetivo de minimizar o atraso total de uma linha de produção e obtém indícios que regras mistas, com priorização de tarefas com data devida próxima, priorização de tarefas que consomem muito de recursos escassos, e sequenciamentos que aumentem a taxa de utilização de centros de trabalho, são eficazes para o objetivo. Assim, conclui-se que RBDs mistas podem vir a agregar valor na cadeia de produção no que diz respeito a proporcionar um TRC razoável, uma vez que tal objetivo é complexo e depende de diversos fatores inerentes a linha de produção.

3. TRC – UM OBJETIVO DA EMPRESA:

Para Cachon e Swinney (2011, *apud* Fernandes et. al, 2012), a teoria da competição baseada no tempo é uma abordagem estratégica que enfatiza a importância da velocidade e agilidade nos processos empresariais. Ela reconhece que, em um mercado cada vez mais dinâmico e competitivo, a capacidade de atender rapidamente às demandas dos clientes é uma vantagem competitiva crucial. Buscando obter tal vantagem competitiva, conforme observado na entrevista com o responsável pelo PCP, disponível no Anexo A, tal setor tem como um objetivo a entrega de produtos em tempo satisfatório, com um TRC baixo, visando aumentar a satisfação dos clientes.

3.1 A DEI E O TRC

Conforme mencionado na entrevista realizada com o responsável pelo setor de PCP a programação da produção é fundamental para o bom andamento das operações, e tem como um de seus objetivos aprimorar o tempo de entrega, e, consequentemente, o TRC médio, tendo em vista a teoria da competição baseada no tempo. Nesse contexto, o setor de PCP assume que uma maneira eficaz de alcançar um TRC reduzido é manter elevada a DEI, objetivando que se possa estampar qualquer produto demandado com maior agilidade. Tal premissa será referenciada como P1.

"Premissa P1: aumentar a DEI é uma maneira eficaz de alcançar um TRC reduzido"

Uma das estratégias-chave adotadas pelo PCP para melhorar o TRC visa aplicar a P1 no sistema produtivo. Isso significa que a empresa mantém uma quantidade significativa de produtos semiacabados em estoque, prontos para serem estampados e enviados aos clientes o quanto antes a partir do instante que um pedido for recebido, num processo que se assemelha a estratégia de produção ATO. Nesse sentido, conforme elucidado pelo responsável pelo PCP da empresa, é um objetivo da empresa que o estoque intermediário atue como um amortecedor que à permita responder rapidamente às demandas do cliente de acordo com a variedade de estampa desejada no produto intermediário disponível.

Por meio da P1, o PCP pretende evitar atrasos na produção e garantir que os produtos estejam disponíveis para a Estamparia no momento que a ordem de produção do item for a

próxima da fila de produção. O PCP opera crendo que a P1 resulta em TRCs reduzidos para os clientes, o que, por sua vez, melhora a satisfação do cliente e fortalece a posição competitiva da empresa, haja vista a competição baseada no tempo.

A organização do fluxo de produção baseada em P1 somente é possível uma vez que a empresa tem uma configuração que permite aplicar alguns dos princípios da estratégia PEV e do modelo de produção ATO tais como:

I) A etapa de maior diferenciação e acréscimo de variedade é a última fase do processo produtivo: tal etapa no contexto da empresa é o processo de estamparia, capaz de transformar um produto intermediário em um produto final com qualquer que seja o desenho requisitado pelo cliente, observando as restrições impostas pelo catálogo da empresa.

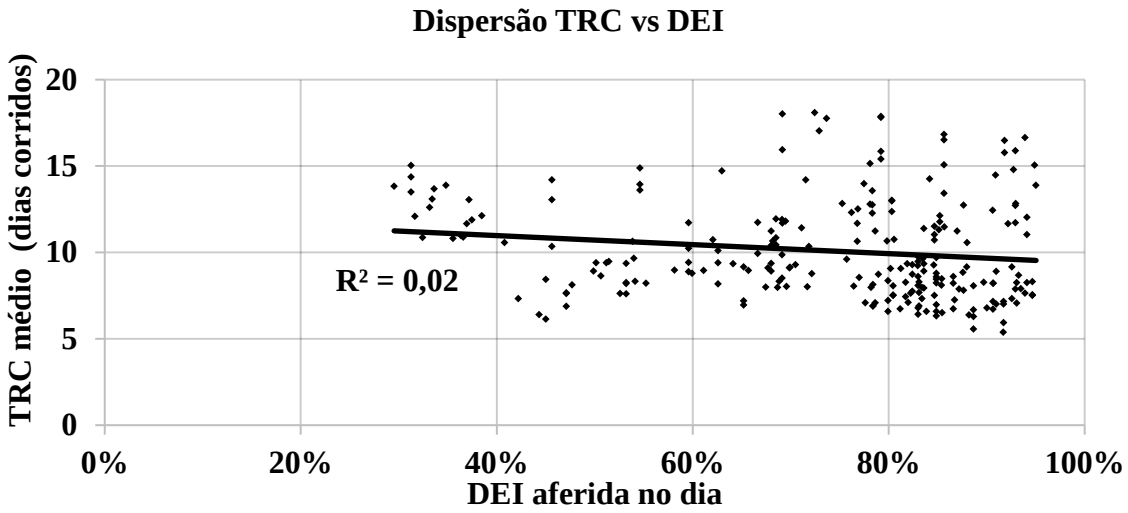
II) A empresa abre mão de ter o produto final em estoque, somente o produz quando há a demanda, partindo de um produto intermediário: tal caso ocorre uma vez que a empresa adota a estratégia de estampar sob encomenda, baseando-se na DEI para realizar esse procedimento.

III) A empresa busca reduzir os riscos e custos de estoque de um processo com alta variedade, produzindo para abastecer o estoque intermediário: dada a alta variedade de saídas do processo, produzir itens estampados para o estoque final pode acarretar em risco de não haver vendas ou de haver faltas das variedades produzidas, bem como pode acarretar em um maior tamanho de estoque e maiores custos de armazenamento. Nesse sentido, ao se produzir itens intermediários baseando-se numa previsão de demanda agregada, diminui-se os riscos de faltas e sobras, bem como os custos associados ao armazenamento.

De posse dessas informações, buscou-se validar empiricamente a correlação estatística entre a DEI e o TRC. Pelo mencionado na entrevista com o gerente de PCP, esperava-se que um aumento na DEI resultasse em uma redução no TRC, havendo uma correlação significativa e negativa. Entretanto, os resultados obtidos durante a análise dos dados revelaram que não era possível estabelecer uma determinação direta do TRC pela DEI. Ressalta-se que os valores de

TRC medidos seguem uma distribuição que tende a Distribuição Normal[1], possibilitando as análises estatísticas realizadas no trabalho.

GRÁFICO 1 - Dispersão entre DEI e TRC



Fonte - O Autor.

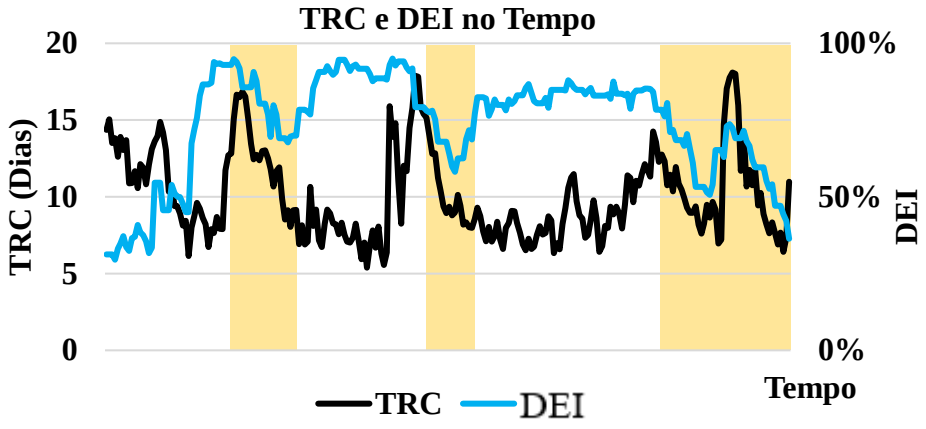
O Gráfico 1 é uma representação para a falta de determinação entre o TRC e a DEI no período de observação. Em sua construção, foram utilizados os dados fornecidos pela empresa no período entre 01/01/2023 e 31/08/2023 com cada ponto representando a DEI aferida em um dia e o TRC médio dos pedidos realizados no dia conforme exemplificado em trecho do banco de dados disponível no Anexo B. Pelo enunciado do gerente de PCP da empresa, esperava-se que em momentos com uma DEI aferida alta o TRC seria baixo e em momentos com uma DEI aferida baixa o TRC seria alto. Porém, ao plotar os dados fornecidos, observa-se um coeficiente de determinação linear R^2=0,02, valor mensurado pelo Método dos Mínimos Quadrados[2] e distante de 1,00 que é a representação de uma perfeita determinação estatística (Larson, 2023). Não sendo possível traçar nenhuma curva que representasse significativamente a determinação dos indicadores, a influência da DEI no TRC mostrou baixa devido a significativa dispersão de dados, não podendo se inferir sobre determinação de um valor pelo outro. Ademais, o aumento

[1] A Distribuição Normal é um modelo probabilístico que descreve a frequência que valores ocorrem em um histograma segundo a equação $f(x) = (e^{0,5*(\frac{x-\mu}{\sigma})^2})/(\sigma 2\pi^{0,5})$

[2] O Método dos Mínimos Quadrados é uma técnica de otimização que procura o melhor ajuste para um conjunto de dados e minimiza a soma dos quadrados das diferenças entre valores observados e valores estimados.

da dispersão dos dados em momentos com alta DEI sugerem que a DEI não é suficiente para manter o TRC da empresa baixo.

GRÁFICO 2 - Evolução ao longo do tempo da DEI e do TRC



Fonte - O Autor.

O Gráfico 2 também representa a falta de determinação entre o TRC e a DEI no período observado. Ao plotar as respectivas curvas de tais indicadores ao longo do tempo, esperava-se pela P1 que em momentos de picos máximos do TRC a DEI sofresse baixa e em momentos de picos mínimos do TRC a DEI estivesse alta. Porém foram poucas as ocorrências em que o aumento na disponibilidade de estoque se traduziu em uma diminuição proporcional no TRC, bem como não se observou claramente a alta da DEI resultando de uma baixa do TRC aferido. Alguns desses momentos em que as tendências previstas pela P1 foram contrariadas são destacados no Gráfico 2.

Essa constatação levou à seguinte hipótese: existem outros fatores que impactam significativamente o TRC além da DEI, e o estoque intermediário atua como um pulmão da TOC, mantendo a taxa de ativação da Estamparia próxima do máximo. Assim, objetivou-se levantar possíveis novos fatores com potencial de impactar no TRC.

Em síntese, embora a gerência de produção sugira que a P1 seja a chave para reduzir o TRC, este trabalho tem potencial de demonstrar que a realidade é mais complexa. A falta de uma correlação estatística direta leva a cogitar que outros fatores desempenham um papel crucial na determinação do TRC da empresa observando uma DEI mínima capaz de manter a taxa de ativação da Estamparia de modo similar ao mencionando por Corrêa e Corrêa (2009) ao abordar o dimensionamento de estoques do tipo pulmão na TOC. Logo, é fundamental adotar uma abordagem multidimensional ao analisar o TRC em tal contexto. A complexidade da linha

produtiva e a interação de múltiplas variáveis possivelmente tornam o TRC da empresa uma métrica influenciada por uma série de fatores interdependentes. Como resultado, provavelmente não se pode reduzir sua dinâmica a uma relação simples com apenas um elemento, como a DEI, e compreende-se que provavelmente para melhorar o TRC deve-se considerar vários fatores em conjunto.

3.2 CONSTATAÇÕES: FATORES QUE INFLUENCIAM NO TRC DA EMPRESA

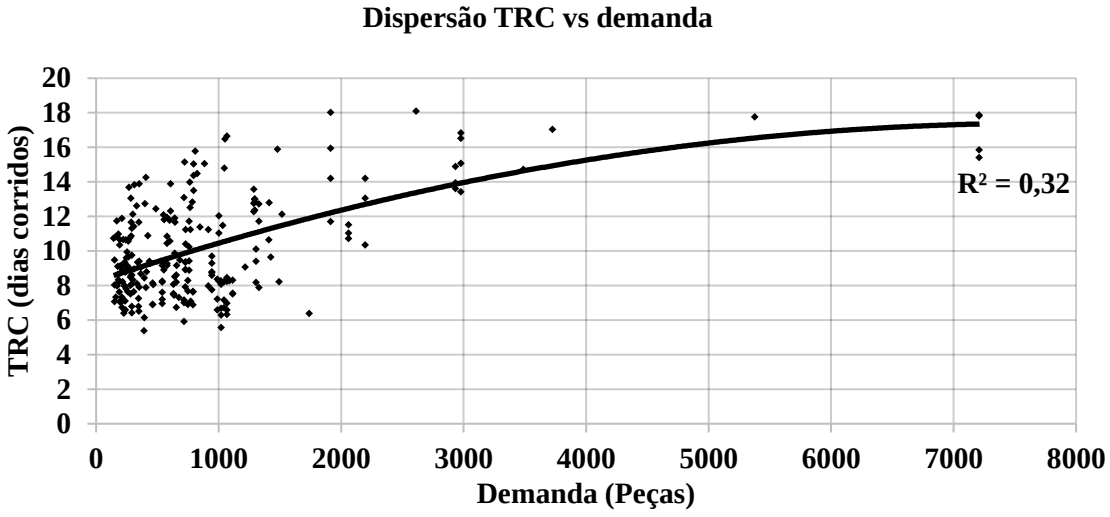
Realizando a análise dos dados, identificou-se que diversos fatores demonstraram ter alguma correlação estatística com o TRC. Essas descobertas ressaltam a complexidade do TRC e como ele é influenciado por uma série de variáveis interligadas. Alguns desses fatores são discutidos abaixo tendo por base dados fornecidos pela empresa e colhidos pelo pesquisador no período entre 01/01/2023 e 31/08/2023.

3.2.1 DEMANDA**:**

A demanda dos clientes, que pode variar sazonalmente ou devido a fatores específicos do mercado, lançamentos e divulgações de marketing, mostrou ser um fator determinante no TRC. Conforme Goldratt (1984), flutuações na demanda podem resultar em pressão adicional sobre os processos produtivos e na necessidade de adaptação rápida para atender às necessidades dos clientes.

"Constatação C1: A quantidade absoluta de demanda em um período de tempo é um fator determinante no TRC"

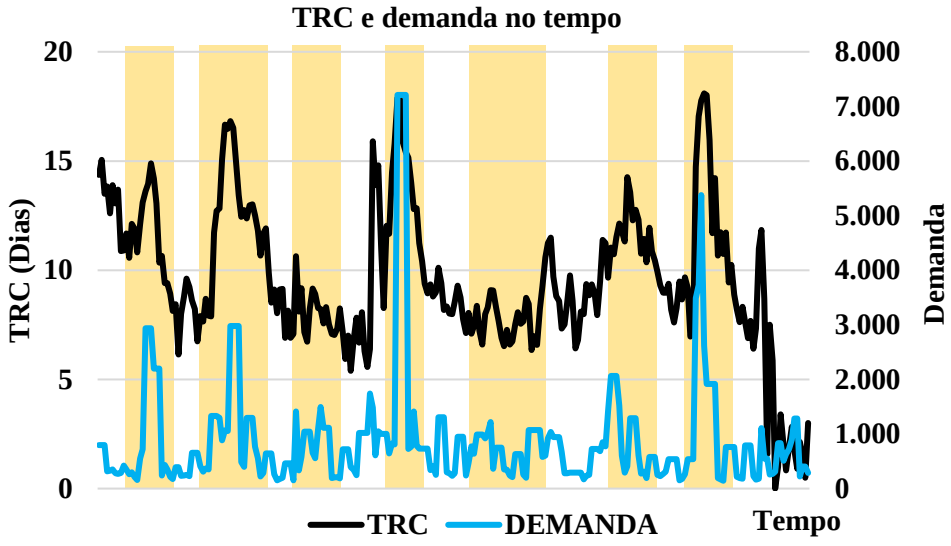
GRÁFICO 3 - Dispersão entre demanda e TRC



Fonte - O Autor.

O Gráfico 3 é uma representação de que existe alguma determinação positiva entre a demanda e o TRC no período de observação, em especial, em instantes com demanda elevada que resultaram em TRCs elevados. Em sua construção cada ponto representa a demanda de vendas em um dia e o TRC médio dos pedidos realizados no dia. Pela dispersão dos dados observa-se que há uma tendência de crescimento do TRC em função de um crescimento da demanda principalmente para momentos de pico de demanda, o que sugere que a demanda pressiona o sistema de produção de capacidade constante. Ao plotar os dados fornecidos, observa-se um fator de determinação valor mensurado pelo Método dos Mínimos Quadrados da linha de tendência $R^2 = 0,32$, valor ainda distante de 1,00 e que sugere que somente a demanda não explica o TRC. Entretanto, O valor obtido se encontra mais próximo de 1,00 que o 0,02 calculado no Gráfico 1, logo, a influência da demanda no TRC se mostrou maior do que a da DEI no TRC. Ademais, observa-se que pela alta dispersão em alguns pontos alguns valores podem representar *outliers* do processo ou indicar que o processo não está sob controle estatístico ou que outras variáveis devem exercer influência no TRC. As variáveis que melhor explicam a determinação do TRC em tais pontos serão estudadas ao longo das sessões 3.2.2, 3.2.3 e 3.2.4.

GRÁFICO 4 - Evolução ao longo do tempo da demanda e do TRC



Fonte - O Autor.

O Gráfico 4 também representa que existe uma provável correlação entre a demanda e o TRC no período observado. Ao plotar as respectivas curvas de tais indicadores ao longo do tempo, observa-se que diversos picos e vales de demanda são coincidentes com os picos e vales de TRC. Também se observa que após picos de demanda o TRC tende a manter-se elevado durante algum tempo, indicando que quando ocorre alta demanda formam-se filas e o *Work in Process* (WIP) se acumula, gerando sobrecarga no sistema de produção e podendo auxiliar na explicação do r^2 entre a demanda e o TRC ainda distanciar de 1,00. Alguns desses momentos de coincidência de picos e vales da demanda e do TRC são destacados no gráfico em amarelo.

Assim, conclui-se que a Constatação C1 é um fator a ser considerado na análise do TRC, mas não é suficiente para explicar completamente o mesmo.

3.2.2 TAMANHO DA FILA DE PRODUÇÃO:

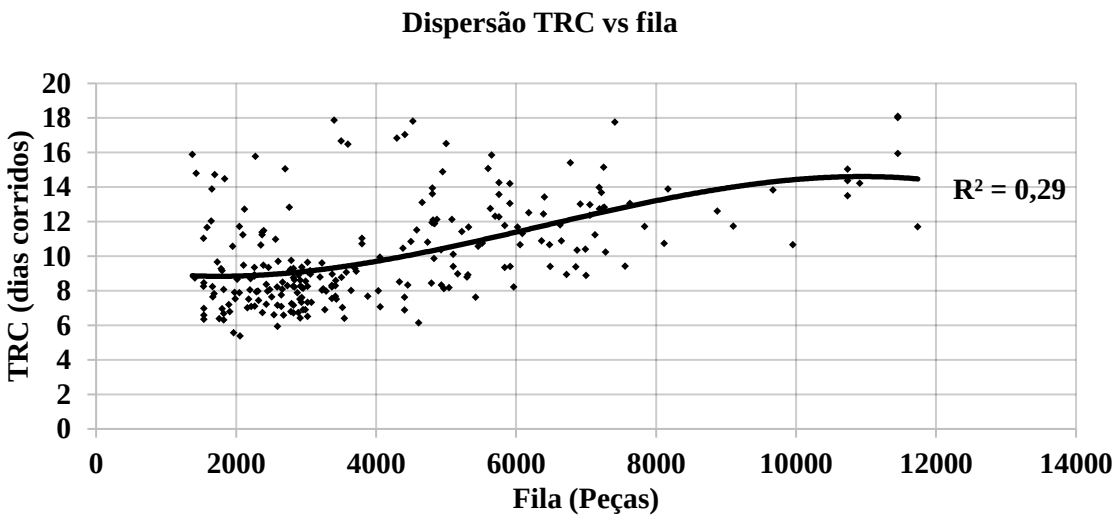
A extensão da fila de produção, que representa a quantidade de itens em espera para serem processados, também demonstrou correlação com o TRC. Uma fila de produção mais longa pode aumentar o tempo de atravessamento de um pedido, impactando diretamente o TRC.

"Constatação C2: O tamanho da fila de produção em um determinado tempo é um fator determinante no TRC"

O Gráfico 5 é uma representação de que existe alguma relação entre a quantidade absoluta de peças aguardando processamento e o TRC no período de observação. Em sua

construção, cada ponto representa o tamanho da fila de produção em um dia e o TRC médio dos pedidos realizados no dia. Pela Dispersão dos dados observa-se que há uma tendência de crescimento do TRC em função de um crescimento da fila o que sugere que esta última representa a pressão no sistema de produção. Ao plotar os dados fornecidos, observa-se um fator de determinação mensurado pelo Método dos Mínimos Quadrados para a linha de tendência $R^2 = 0,29$, valor também distante de 1,00 e que sugere que somente a fila não explica o TRC. Entretanto, a exemplo da análise da demanda *versus* TRC, o valor obtido se encontra mais próximo de 1,00 que o 0,02 calculado quando a DEI foi analisada, logo, a influência da fila no TRC se mostrou maior do que a da DEI no TRC. Ademais, a maior dispersão de dados cujo TRC é maior reforça a hipótese do processo fora de controle estatístico.

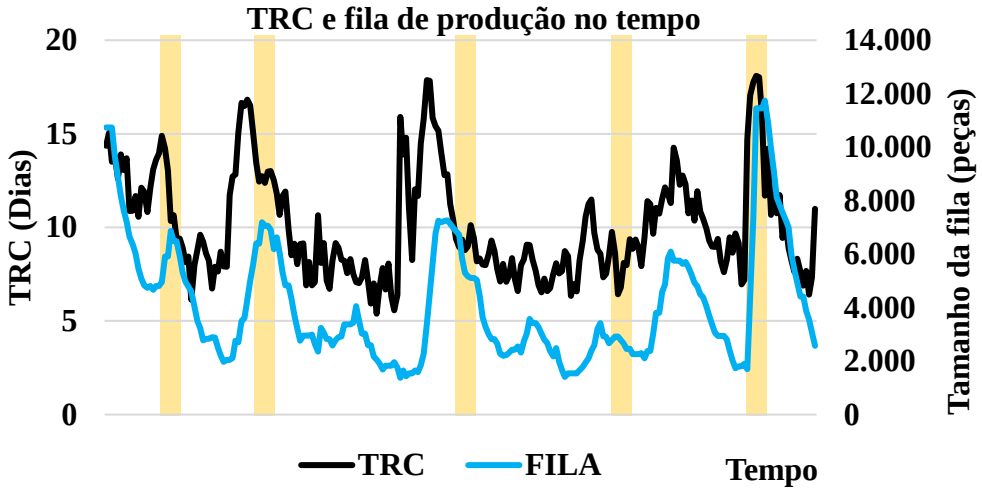
GRÁFICO 5 - Dispersão entre tamanho da fila de produção e TRC



Fonte - O Autor.

O Gráfico 6, por sua vez, relaciona a fila de produção e o TRC no tempo. Nele é possível observar que sempre que há um pico na quantidade de itens em fila de produção há um pico atrasado correspondente no TRC dos pedidos. Ainda se observa que tais picos se distanciam em uma quantidade fixa de 4 dias, o que condiz com o somatório dos tempos necessários para a confirmação de pagamentos, integração de pedidos no sistema ERP e a entrada dos itens na fila de produção da empresa, a qual é gerada uma vez por dia. Uma vez que os pedidos entram na fila com a data de realização da compra, tal distância entre os picos de TRC e de fila de produção reforça a tese de que há alguma influência entre esses indicadores.

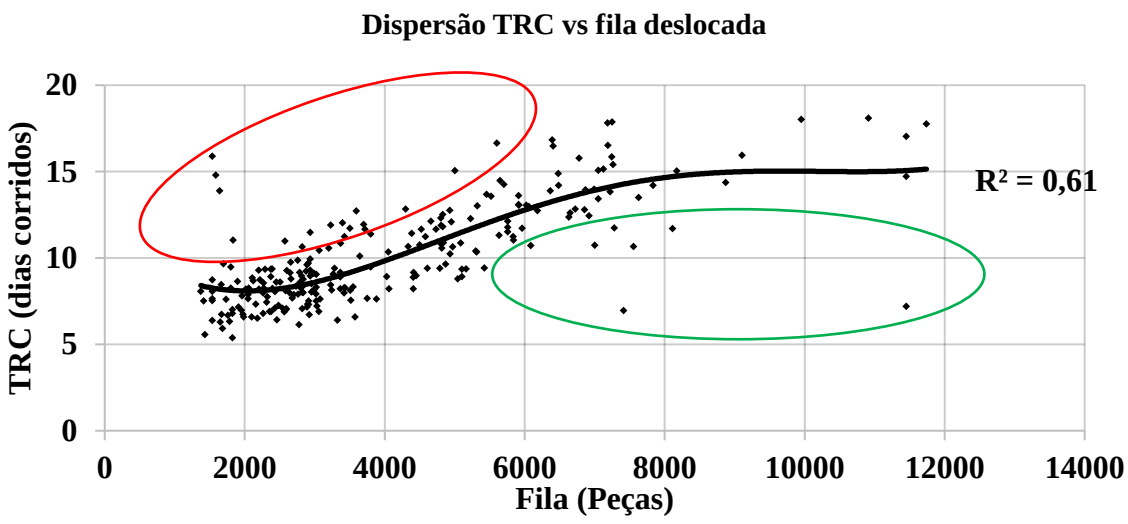
GRÁFICO 6 - Evolução ao longo do tempo da demanda e do TRC



Fonte - O Autor.

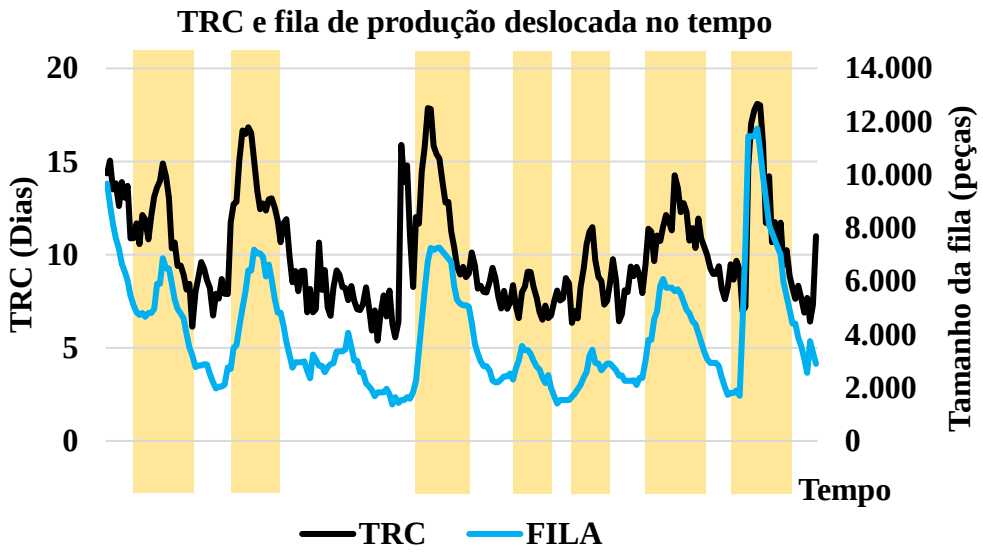
Haja vista os fatores mencionados, deslocou-se em 4 dias o valor do tamanho da fila, a adiantando, obtendo-se o Gráfico 7 e o Gráfico 8. O aumento do coeficiente R^2 de 0,29 para 0,61 reforça a tese de que há uma determinação entre a fila de produção deslocada em 4 dias e o TRC, bem como o fato de que para cada pico da fila de produção deslocada há um pico correspondente de TRC e demais hipóteses citadas relacionadas ao tamanho da fila de produção. A partir desta observação, as análises realizadas passaram a deslocar a fila de produção em 4 dias. Apesar da melhoria no ajuste dos pontos a curva, houve alguns pontos *outliers* que foram destacados no Gráfico 7 – nos pontos destacados na região em vermelho o TRC foi alto apesar da fila medida ser baixa e nos pontos destacados em verde, o TRC foi baixo enquanto a fila foi alta. Uma análise em especial destes pontos foi realizada e concluiu-se que outros fatores foram importantes para a determinação do TRC desses dias: a demanda, conforme previsto em 3.2.1, e a complexidade das peças demandadas, a qual será abordada a seguir em 3.2.3.

GRÁFICO 7 - Dispersão entre tamanho da fila de produção deslocada e TRC



Fonte - O Autor.

GRÁFICO 8 - Evolução ao longo do tempo da fila de produção Deslocada e do TRC



Fonte - O Autor.

3.2.3 COMPLEXIDADE DAS PEÇAS PRODUZIDAS NO GARGALO

Um conceito fundamental para compreender o sistema produtivo em um cenário complexo como esse é o conceito de "gargalo de produção". O gargalo é o ponto da cadeia de produção onde a capacidade de produção é limitada, e o ritmo de produção é determinado por essa restrição (Corrêa, Corrêa, 2009). Nesse caso particular, a Estamparia é identificada pelo PCP da empresa como o gargalo de produção devido à sua complexidade e ao tempo necessário

para processar as operações, por não trabalhar com folga e por, frequentemente, exigir expediente em horário extraordinário em períodos de alta demanda enquanto os setores de Corte e Costura trabalham com folga.

As peças de vestuário que apresentam maior complexidade na produção, como aquelas que requerem muitas telas de serigrafia, têm estampas em várias partes (frente, costas e mangas) ou envolvem um loop de produção entre os setores de Costura e Estamparia, tendem a exigir mais do recurso homem-máquina-hora, que é escasso na Estamparia. A complexidade de produção, quando relacionada com o LT das tarefas do gargalo, pode afetar o TRC, especialmente quando há uma grande quantidade de peças complexas na fila de produção. Logo, a complexidade na produção pode levar a LTs maiores e impactar diretamente a capacidade de atender prontamente às demandas dos clientes no TRC desejado.

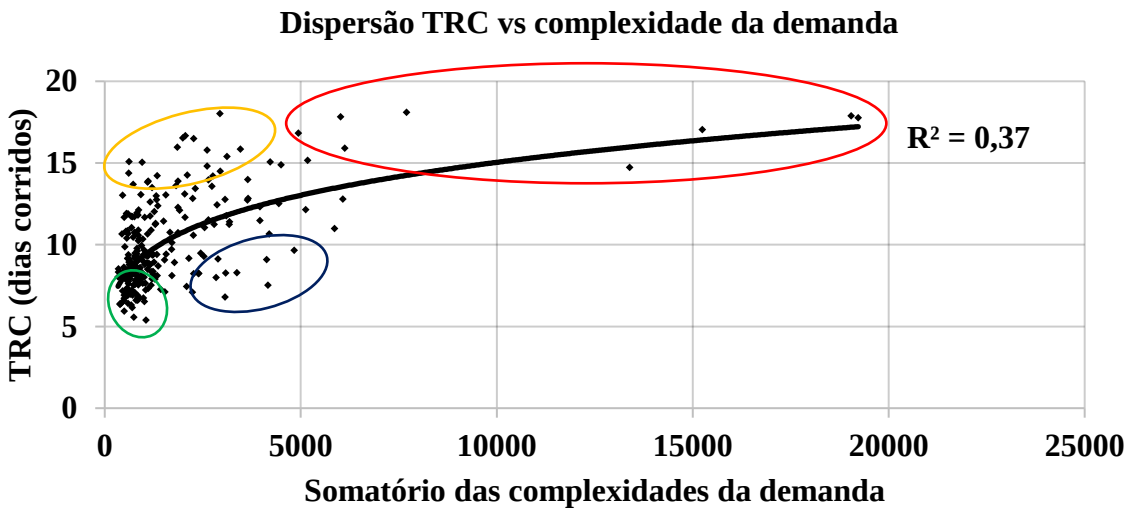
"Constatação C3: A complexidade das peças produzidas no gargalo é um fator determinante no TRC"

A empresa dispõe de um indicador próprio de complexidade das peças produzidas que foi utilizado na elaboração do Gráfico 9 e do Gráfico 10. Tal indicador é calculado levando em consideração a quantidade de tonalidades de tintas necessárias para estampar uma peça e a possível exigência de retorno a etapa de costura seguida de um novo procedimento de estamparia: um fluxo produtivo que foge aos casos mais comuns da empresa. Entende-se que quanto maior é valor atribuído pelo indicador a uma peça, maior é o consumo do recurso homem-máquina-hora da Estamparia.

No Gráfico 9, ao se plotar a dispersão do somatório das complexidades de peças demandas em relação ao TRC, observa-se uma correlação com fator R^2 similar aos obtidos na análise da demanda e do tamanho da fila de produção, indicando uma possível correlação similar entre o TRC e o somatório das complexidades de peças demandadas. Ademais, de modo similar aos dois casos citados e destacado no Gráfico 10, há uma coincidência de picos entre o TRC e a média da complexidade das peças demandadas no tempo, indicando que em momentos de sobrecarga de produção provenientes do aumento da complexidade de produção ocorre um aumento do TRC de modo similar ao observado quando se analisa a demanda: com elevadas complexidades resultando em TRCs elevados e sugerindo pressão na Estamparia quando se extrapola a capacidade de produção. Por fim, a alta dispersão dos dados sugere que o processo não está sob controle estatístico. Destaca-se ainda os pontos compreendidos nas regiões em vermelho e verde: a alta complexidade da demanda justifica os TRCs da região vermelha serem

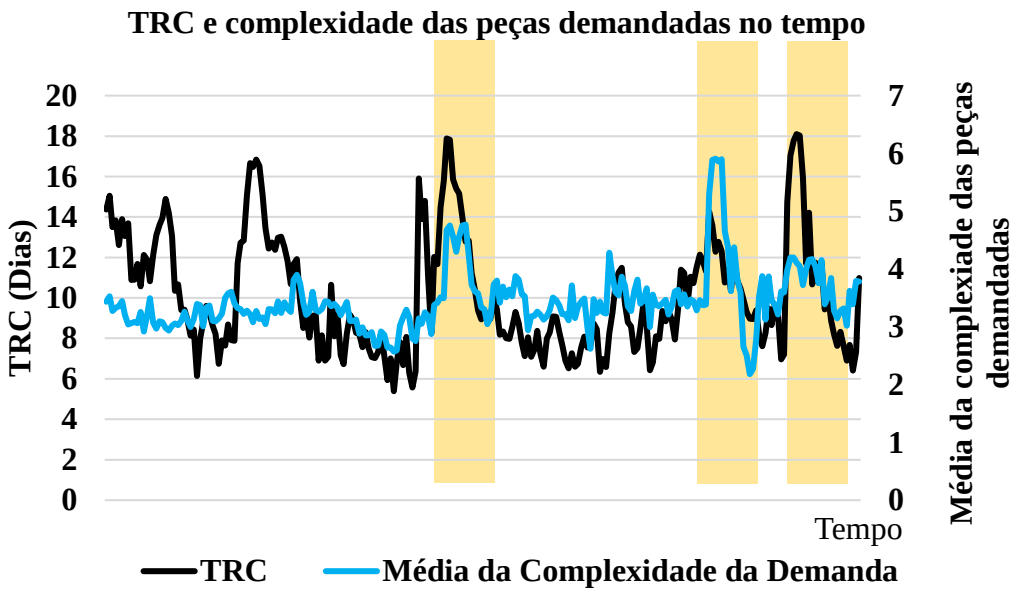
elevados e a baixa complexidade justifica os TRCs baixos. Ademais, observou-se que os pontos destacados na região amarela, que se distanciam da curva do Gráfico 9, se mostraram coincidentes com picos de fila ou de demanda, enquanto os pontos na região azul foram coincidentes com momentos de menor fila ou menor demanda, indicado que estas foram mais determinantes nesses instantes do que a complexidade da demanda.

GRÁFICO 9 - Dispersão entre o somatório da complexidade da demanda e TRC



Fonte - O Autor.

GRÁFICO 10 - Evolução ao longo do tempo da média da complexidade das peças demandadas e do TRC



Fonte - O Autor.

Entende-se que a complexidade da operação diz respeito às peças produzidas e é um fator fortemente correlacionado com a complexidade da demanda da empresa. Esta é um potencial, mas não o único, gerador de filas do processo produtivo, havendo então uma provável correlação desta com a demanda e a fila. Outros fatores que influenciam na complexidade de operação e que não são medidos nem levados em consideração no cálculo dos indicadores da empresa são descritos abaixo e serviram de base para constatações baseadas na percepção do observador participante.

A) VARIEDADE DE ITENS EM ESTOQUE INTERMEDIÁRIO

Conforme visto na seção 21.1, a gestão eficaz de um amplo portfólio de itens intermediários demanda uma coordenação cuidadosa do planejamento e controle de produção, estoque e recursos. Além disso, o gerenciamento do estoque intermediário torna-se mais desafiador à medida que a variedade de produtos aumenta, aumentando a probabilidade de erros e faltas percebidas repentinamente, as quais impedem o processamento de peças no momento desejado.

Durante o período de observação participante, o pesquisador percebeu situações de inconsistências no estoque a qual se atribui a complexidade de gerenciar uma grande variedade de itens em estoque. Em tais situações, constavam-se N peças no sistema da empresa para uma variação de item e fisicamente não havia estoque, situação que somente era percebida no momento em que se buscava a peça para estampar. Tais faltas acarretaram em ordens de produção de corte e costura inesperadas, e os LTs de tais ordens refletiram no TRC dos pedidos em questão, havendo um aumento proveniente do acréscimo de tais LTs.

Assim, no caso específico da empresa, pode-se observar que um aumento de variações de itens semiacabados na fila de produção acarreta em maior complexidade de gestão do estoque intermediário, aumentando a frequência de faltas inesperadas e possivelmente fragmentando a demanda da empresa – o que pode tornar mais complexo o fluxo produtivo devido ao aumento de variações.

"Constatação C4: A quantidade de variedades semiacabadas na fila de produção é um fator determinante no TRC"

B) QUANTIDADE DE ESTAMPAS DIFERENTES EM FILA

A quantidade de estampas diferentes em fila também emerge como fator crucial a ser considerados ao examinar TRC no que diz respeito a complexidade da operação. Foi observado

que a medida que a quantidade de estampas diferentes aumenta, a complexidade da produção tende a crescer significativamente. Isso ocorre porque cada estampa e cada tipo de item podem requerer configurações específicas de tintas, processos de estamparia diferentes e tempos de produção variados: aspectos que vem a aumentar o somatório dos tempos de *setup* e processamento, consumindo do recurso escasso homem-máquina-hora da Estamparia.

A exemplo do elucidado por Martin (2018) quanto ao nível de variedade de itens estocados, uma maior variedade de estampas pode não resultar em um aumento expressivo de vendas e dividir a demanda entre peças com estampas diferentes. Quanto mais estampas diferentes são demandadas, maior é a necessidade de tempo gasto com *setups* e menor é a disponibilidade de tempo para o processo de estampar havendo a perda de eficiência do gargalo e, consequentemente, segundo Cox III e Schleir (2013), gerando a perda no sistema como um todo em decorrência da perda no gargalo.

"Constatação C5: A quantidade de estampas na fila de produção é um fator determinante no TRC por aumentar o tempo total de setup necessário"

3.2.4 TEMPOS DE SETUP

Sendo objetivos a serem minimizados em algumas RBDs elucidadas por Pinedo e Chao (1999), os tempos de *setup* também podem desempenhar um papel significativo na dinâmica da produção e, consequentemente, no TRC. No caso específico do estudo, dois tipos de *setup* foram identificados por meio de observação participante, não havendo mensuração quantitativa destes:

"Constatação C6: Os tempos de setup no gargalo de produção são determinantes para o TRC"

A) SETUP POR ESTAMPA

Quando se trata de produzir itens com estampas diferentes, o tempo necessário para realizar o *setup* entre estampas é um fator crítico. Quanto mais peças de uma mesma estampa são produzidas em um lote, menor tende a ser o tempo médio de *setup* por peça. Isso ocorre porque, uma vez que o processo está configurado para uma estampa específica, produzir várias peças com a mesma estampa é mais eficiente do que alternar entre estampas diferentes. Menos trocas de configuração e menos tempos de preparação resultam em menos tempo desperdiçado, tornando o processo mais produtivo e reduzindo o LT médio para os itens da mesma estampa.

"Constatação C7-a: Os tempos de setup de para as preparações de lotes de estamparia no gargalo de produção são determinantes para o TRC"

B) QUANTIDADE DE ESTAMPAS PROCESSADAS SIMULTANEAMENTE

A quantidade de estampas processadas simultaneamente também afeta a produção. Quanto mais estampas diferentes são processadas, mais operadores são necessários para realizar as tarefas. No entanto, o número de operadores disponíveis, que é fixo, pode se tornar um limitante para a quantidade de estampas a serem feitas simultaneamente. Se o número de estampadores for insuficiente para atender a todas as peças em processamento, isso pode acarretar em filas, atrasos e ao aumento do TRC. Caso o número de peças em processamento seja inferior a quantidade de berços térmicos disponíveis ocorre ainda a ociosidade dos equipamentos e a subutilização do gargalo ao não haver o processamento máximo de peças em tais instantes.

"Constatação C7-b: Os tempos de setup simultâneos para a preparação de lotes de estamparia no gargalo de produção são determinantes para o TRC"

Além disso, quando se produz várias estampas diferentes com quantidades relativamente pequenas de peças por estampa, o volume total de produção pode ser limitado e o tempo de *setup* médio por peça se torna mais representativo. Isso ocorre porque a troca frequente entre estampas diferentes, juntamente com os tempos de *setup* associados, pode resultar em uma menor eficiência global da produção. Logo, para otimizar o LT e potencialmente o TRC, é essencial encontrar um equilíbrio entre a variedade de estampas oferecidas e a eficiência em volume de produção. Isso envolve considerar não apenas a diversidade de estampas e itens oferecidas, mas também questões inerentes a programação da produção como a gestão da capacidade de produção, dos tempos de *setup* e do número de estampadores disponíveis. A gestão eficaz desses fatores pode contribuir significativamente para reduzir o TRC e melhorar a capacidade de atender às demandas dos clientes de forma eficiente.

3.3 O TRC EM FUNÇÃO DAS CONSTATAÇÕES

Em síntese, os fatores citados nas constatações têm um provável impacto substancial nas operações da empresa e na capacidade de atender às demandas dos clientes de forma rápida

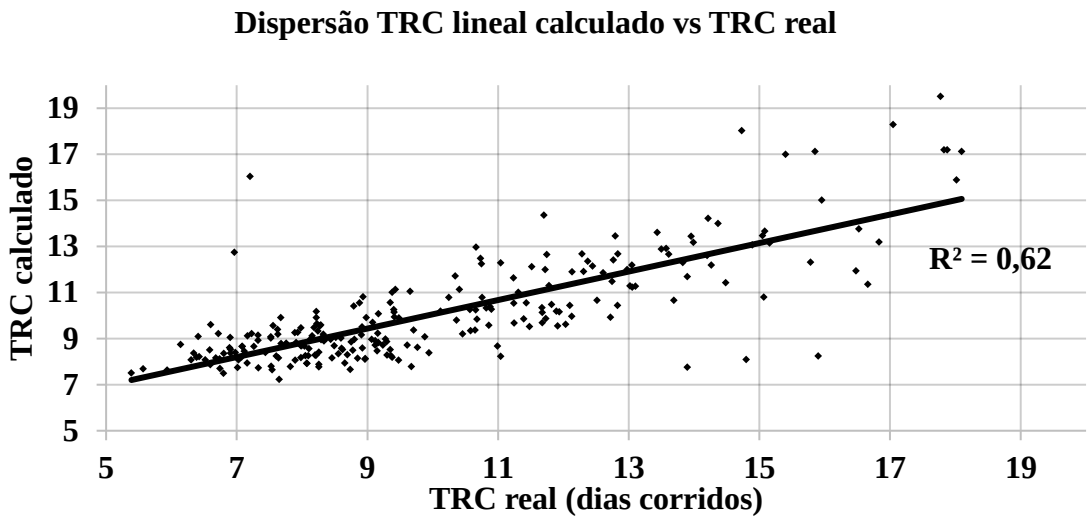
e eficiente. A correlação estatística entre os fatores medidos quantitativamente e o TRC, bem como as percepções relacionadas ao observado no gargalo da empresa, destacam a necessidade de uma abordagem multifacetada para otimizar o TRC, considerando não apenas a P1, mas também a capacidade de resposta da empresa às mudanças na demanda, a eficiência operacional e a gestão da complexidade da produção, previstos nas constatações deste trabalho. Compreender como esses fatores se apresentam no processo produtivo tem potencial para melhorar o TRC e, consequentemente, a satisfação do cliente.

Objetivando aprofundar no estudo da determinação do TRC pelos fatores mensuráveis inerentes à C1, C2 e C3, realizou-se uma análise de correlação multivariada linear onde obteve-se uma equação que melhor explica a variação do TRC em função da demanda, da fila de produção deslocada em 4 dias, e, da complexidade média das peças produzidas. A equação linear que melhor se ajusta ao modelo pode ser observada na Equação 1, onde D representa a Demanda, F representa a Fila de Produção Deslocada e C representa a Complexidade Média das Peças Demandadas. A dispersão dos dados pode ser observada no Gráfico 11. Uma vez que o fator R^2 obtido foi de 0,62, superior aos fatores obtidos quando se estudaram isoladamente a demanda, a fila e a complexidade das Peças, supõe-se que a interação entre essas três variáveis quantitativas pode ser um bom meio de explicar o TRC. Vale ressaltar que a análise da correlação entre os parâmetros indicou baixa correlação entre estes.

$$\textbf{Equação 1: } TRC = 0{,}00037 * D + 0{,}00051 * F + 0{,}34 * C + 6{,}57$$

Equação 1: Função Linear de Cálculo do TRC

GRÁFICO 11 - Dispersão entre o TRC calculado pela Equação 1 e o TRC real



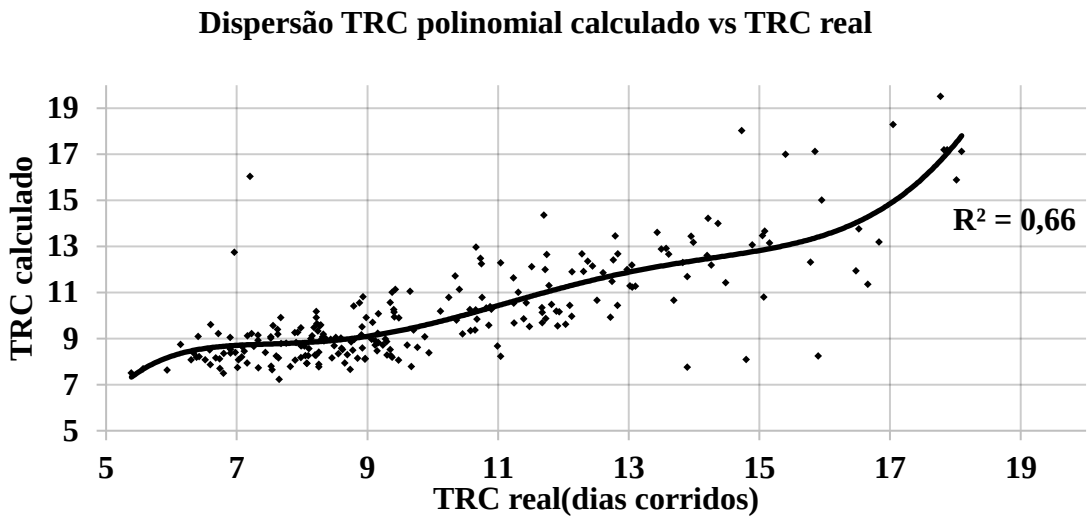
Fonte - O Autor.

A relação obtida na Equação 1 não se mostrou perfeitamente linear, assim, testou-se a hipótese de uma relação não linear descrever melhor o comportamento do TRC em função das variáveis supracitadas. Observou-se que a equação que melhor se ajustou aos pontos do gráfico foi obtida por um ajuste polinomial dos pontos calculado na Equação 1, onde os valores do TRC calculado serviram de entrada, como X, para a Equação 2, resultando em uma melhora do indicador R^2 para 0,66 conforme indicado no Gráfico 12. Tal ajuste serve para melhor prever o TRC em função dos parâmetros iniciais, diminuindo os erros de dispersão.

$$\textbf{Equação 2: TRC} = -0{,}00004 * x^6 + 0{,}0035 * x^5 - 0{,}1165 * x^4 + 1{,}9538 * x^3 - 17{,}47 * x^2 + 79{,}446 * x^1 - 135{,}9$$

Equação 2: Função Polinomial de Cálculo do TRC

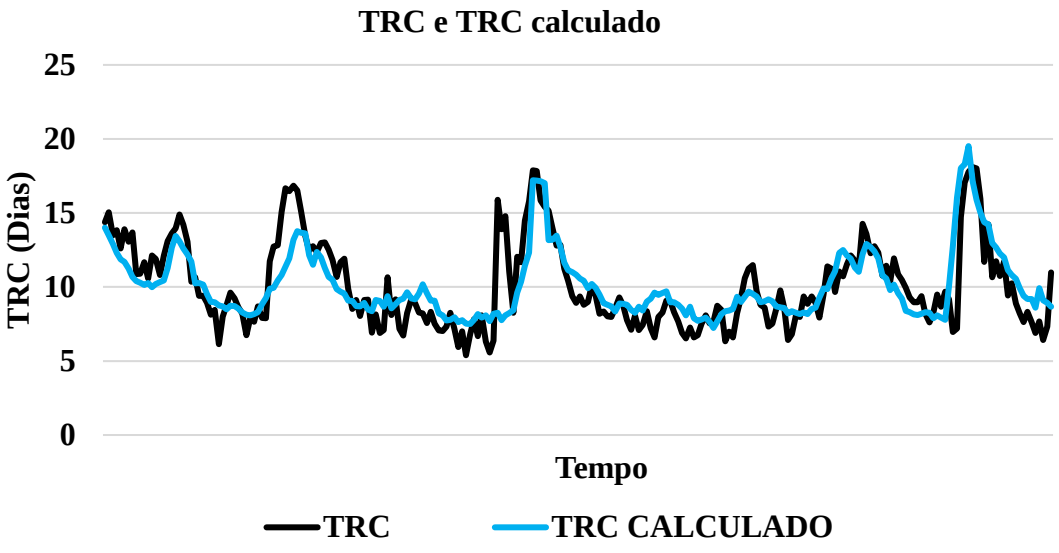
GRÁFICO 12 - Dispersão entre o TRC calculado pela Equação 2 e o TRC real



Fonte - O Autor.

No que diz respeito a evolução temporal, as equações matemáticas obtidas se mostraram razoáveis para explicar o TRC conforme é observado no Gráfico 13 que relaciona o TRC real mensurado e o TRC linear calculado baseado no inferido em C1, C2 e C3, havendo a coincidência de diversos picos e vales para as curvas geradas e a tendência de sobreposição de curvas e um coeficiente de correlação entre os pontos das curvas de 0,79.

GRÁFICO 13 - Evolução ao longo do tempo da Média do TRC calculado pela Equação 1 e do TRC real



Fonte - O Autor.

Tais gráficos reforçam a tese de que há influência significativa dos fatores estudados e presentes nas constatações deste trabalho no TRC da empresa. Nesse viés, buscando otimizar o

TRC e assumindo que o controle da demanda e da complexidade das peças desenvolvidas é externo a produção, se relacionado ao mercado e as vendas, mostra-se mais importante do que garantir alta DEI, o desenvolvimento de estratégias que melhorem a eficiência em diminuir as filas geradas e o tempo gasto para produzir as peças de maior complexidade, bem como os tempos de *setup* totais, questões que podem ser geridas no sequenciamento de produção da Estamparia. Ademais, há de se estudar a complexidade da gestão de um estoque intermediário com alta variedade com o objetivo de definir itens com alto giro a se manterem disponíveis em estoque - visando manter a ativação da Estamparia para proporcionar a ativação máxima do gargalo - e itens a serem produzidos sob encomenda devido ao menor giro - programando a produção do Corte e da Costura para disponibilizar os itens a Estamparia em um momento anterior a percepção da falta da DEI destes, utilizando o tempo previsto de fila do item na Estamparia para a produção do item semiacabado considerando os LTs de corte e costura.

3.4 A ESTRATÉGIA DE SEQUENCIAMENTO DE PRODUÇÃO DA ESTAMPARIA

Dentro do contexto das circunstâncias mencionadas, torna-se evidente que o TRC pode estar fortemente correlacionado com o desempenho da Estamparia. Isso ocorre porque a Estamparia aparenta ser um elo crucial na cadeia de produção, sendo o gargalo e o primeiro elo da parte puxada da cadeia, e qualquer atraso ou ineficiência nesse setor pode afetar diretamente a capacidade de atender às demandas dos clientes dentro dos prazos desejados internamente. Tal percepção é coerente com a correlação do TRC inerente a complexidade de peças produzidas (fortemente relacionada ao número de demãos de tinta na Estamparia), a demanda da empresa (fortemente relacionada a demanda da Estamparia uma vez que a disponibilidade de estoque se mostrou razoavelmente elevada no tempo) e a fila de produção (a exemplo da demanda da empresa, relacionada a Estamparia uma vez que nela se concentra a maior parte da fila de produção e que o sistema de produção se assemelha a um ATO, com a Estamparia realizando a “montagem”).

Gerenciar um TPC permite uma melhor sincronização e sequenciamento da produção ao garantir que o gargalo de produção funcione em seu ritmo máximo, minimizando períodos de inatividade (Corrêa, Corrêa, 2009). Ao montar um sequenciamento de tarefas com uma estratégia viável, é possível reduzir os atrasos e o momento de conclusão das tarefas (Pinedo, Chao, 1999), e ao reduzir atrasos e o LT, pode-se alcançar um TRC razoável.

Portanto, em um ambiente de produção complexo, onde os fatos observados em C4, C5 e C6 desempenham um papel crítico no que diz respeito as saídas do processo, a gestão eficaz do gargalo de produção e a aplicação do conceito TPC são promissores para melhorar a eficiência, reduzir o TRC e atender às demandas dos clientes de maneira ágil e eficaz.

Tendo em vista que, segundo o elucidado na entrevista, o responsável pelo PCP reconhece a Estamparia como o gargalo de produção, é compreensível que haja um esforço para otimizar o desempenho desse setor e manter a máxima atividade possível. Para alcançar esse objetivo, uma das estratégias adotadas pela gerência é a redução do tempo médio de *setup* por peça, que envolve agrupar a separação por estampa.

Agrupar a separação por estampa significa que, em vez de realizar uma troca de configuração (*setup*) para cada peça individualmente, várias peças semelhantes de uma mesma estampa são processadas em sequência antes que a configuração da Estamparia seja alterada. Isso reduz o tempo perdido com trocas frequentes de estampa e aumenta a eficiência da Estamparia.

Essa estratégia é particularmente eficaz quando há uma grande quantidade de itens com a mesma estampa. Ao agrupar a separação por estampa, a Estamparia pode operar de forma mais contínua, aproveitando ao máximo a capacidade disponível e reduzindo os períodos de inatividade relacionados a *setups.*

Essa abordagem também está alinhada com o conceito de TPC, onde o "tambor" (gargalo de produção) define o ritmo máximo de produção. Ao minimizar os tempos de *setup*, pode-se maximizar eficiência (Pinedo, Chao – 1999), e se tratando de um gargalo, a máxima eficiência é coincidente com a capacidade ideal (Corrêa, Corrêa, 2009).

Assim, a busca por reduzir o tempo médio de *setup* por peça por meio da agrupação da separação por estampa é uma estratégia inteligente e eficaz para melhorar a eficiência da Estamparia, reduzir o tempo total de *setup* gasto, otimizar a produção e, em última análise, contribuir para a redução do LT e do TRC.

Conforme extraído da entrevista supracitada, a empresa adota no sequenciamento de estampas da fila de produção a estratégia de separar a estampa com a peça mais antiga da fila, referenciada como estratégia S1. Tal abordagem tem como potencial benefício a redução do atraso máximo e é uma abordagem sólida para otimizar a gestão da produção e atender às demandas dos clientes de forma eficiente, seguindo princípios da regra de despacho EDD que busca minimizar o atraso máximo de produção (Pinedo, Chao, 1999) e da SST ao maximizar a eficiência de máquinas reduzindo o *setup* total gasto (Pinedo, Chao – 1999) quando processa

todas as peças de uma estampa em sequência. Essa estratégia está alinhada com o objetivo de reduzir o TRC no que diz respeito a minimizar o TRC da peça mais antiga na fila e garantir a alta taxa de ativação do gargalo, visando garantir que todas as peças sejam produzidas dentro dos prazos estabelecidos. Alguns dos aspectos inerentes dessa abordagem são:

"Estratégia de Sequenciamento S1: Para iniciar um novo lote de Estamparia, observa-se a peça com maior data devida e anota-se a estampa referente. Todas as peças correspondentes a tal estampa são processadas em conjunto."

I) Priorização das Peças Mais Antigas: Ao dar prioridade às peças mais antigas na fila de produção, a empresa está se concentrando em atender primeiro os pedidos que estão mais próximos da data de entrega. A priorização de peças com data mais antiga ajuda a evitar atrasos e a cumprir os compromissos com os clientes de modo alinhado com a regra de despacho EDD uma vez que esta realiza um sequenciamento selecionando para processamento em uma máquina disponível a tarefa em fila com a data devida mais antiga e que tal regra é considerada aceitável quando se busca minimizar o atraso máximo (Pinedo, Chao – 1999).

II) Redução do LT: Ao agir sobre as peças mais antigas, a empresa está encurtando o LT (tempo de execução) para esses pedidos específicos. Isso significa que essas peças podem ser concluídas e entregues mais rapidamente, potencialmente contribuindo para a redução do TRC de maneira geral.

III) Eficiência e simplificação na programação: A estratégia de separação por estampa reduz os tempos de *setup* ao se produzir em lote único todas as peças referentes a uma estampa, melhorando a eficiência da Estamparia. Ao combinar a estampa com a data devida, simplifica-se a programação de produção e a equipe de produção sabe quais tarefas devem ser realizadas em primeiro lugar, facilitando o planejamento e a alocação de recursos.

IV) Satisfação do Cliente: Ao entregar as peças mais antigas no prazo, a empresa demonstra um compromisso sólido com a satisfação do cliente. Baseando-se na estratégia de MR Fernandes et. al (2012) inferem que a entrega dentro dos prazos estabelecidos pode levar a relações mais sólidas com os clientes e a uma reputação positiva no mercado, sendo um trunfo competitivo.

V) Redução de Retrabalho: Ao priorizar as tarefas relativas a peças mais antigas, com data devida mais próxima, há menos probabilidade de que os pedidos se acumulem

ou se tornem urgentes devido a atrasos (Pinedo, Chao, 1999). Isso, por sua vez, reduz a necessidade de turnos especiais para atender a pedidos atrasados (fonte).

Em resumo, a estratégia S1 é uma tática potencialmente eficaz para melhorar a eficiência da produção e reduzir o TRC. Ela demonstra um compromisso com a entrega pontual e a satisfação do cliente, enquanto ajuda a otimizar os recursos e a programação de produção.

Ademais, a estratégia de reduzir o tempo médio de *setup* por peça através do agrupamento da separação por estampa, aliada à prática de priorizar a estampa com a peça mais antiga na fila de produção, forma um sólido conjunto de ações para otimizar a gestão da produção e alcançar um TRC mais eficiente. Ao reduzir os tempos de *setup*, a empresa tende a melhora a eficiência de seu recurso escasso de produção (homem-máquina-hora de Estamparia) uma vez que os tempos de *setup* são significativos (Pinedo, Chao, 1999).

Além disso, ao priorizar as peças mais antigas, encurta-se o LT destas, permitindo que essas peças sejam produzidas e entregues dentro dos prazos estabelecidos e minimizando o atraso máximo como previsto na regra EDD (Pinedo, Chao, 1999). Essa abordagem não só simplifica a programação de produção, mas também fortalece o compromisso com a satisfação do cliente, contribuindo para a reputação positiva da empresa e a redução de retrabalho.

A aplicação de princípios da regra EDD em situações de competição baseada no tempo não é inédita: Mainieri e Ronconi (2010) se propõem a comparar um sequenciamento EDD com outras RDBs derivadas do EDD em um *flowshop* flexível, visando minimizar o atraso total das tarefas e, consequentemente, o atraso médio – valores relacionados ao TRC. Tais autores obtem resultados que demonstram que RBDs mistas podem vir a ter resultados melhores que RDBs simples.

A estratégia S1, embora eficaz em muitos aspectos, não é necessariamente a estratégia ótima quando se trata de otimizar o TRC. Isso se deve ao fato de que outros fatores críticos podem ser negligenciados, e esses fatores desempenham um papel significativo na melhoria do TRC sem a necessidade de reduzir o *Makespan*, que é compreendido como proporcional a eficiência da Estamparia, podendo até diminuir os tempos dispendidos em operações que não agregam valor. Alguns desses fatores incluem:

I) Tempo de Processamento Médio das Peças (S2): O modelo atual de priorização não leva em consideração o tempo de processamento médio das peças. Peças com maior complexidade de operação podem demandar mais tempo na Estamparia. Uma estratégia alternativa seria retardar intencionalmente o

processamento de peças mais complexas e priorizar peças com menor tempo de processamento, assumindo que todas as peças de uma estampa na fila são produzidas em um único lote na Estamparia. Tal abordagem é condizente com a estratégia de produção SPT, que reduz o WIP e as filas (Pinedo, Chao – 1999). Esta estratégia deve resultar em uma diminuição da frequência de lotes mais complexos, o que tende a forçar o acumulo das peças referentes as estampas complexas na fila. Por consequência, dada a probabilidade de haverem mais vendas de uma estampa complexa durante o período de espera, o tamanho do lote processado tende a aumentar ao se incorporarem tais vendas, bem como evita-se que se processem vários lotes da mesma estampa em poucos dias, melhorando a eficiência global da produção ao se reduzir o número de *setups* e o consequente *setup* médio por peça. O aumento da eficiência do gargalo devido a redução dos tempos gastos com *setup* pode gerar a redução do TRC ao proporcionar uma redução maior da fila.

"Estratégia de Sequenciamento S2: Para iniciar um novo lote de estamparia, deve-se levar em consideração o tempo médio de processamento das peças: As peças com menor tempo de processamento, se priorizadas, reduzem a fila e liberam mais pedidos e diminuem a frequência de lotes complexos que exigem altos tempos de setup"

Nesse contexto, caso específico foi observado pelo pesquisador no qual uma estampa de alto tempo de processamento médio foi produzida. Nesse caso, a peça de data devida mais antiga, a qual definiu o processamento da estampa, ainda se encontrava dentro do prazo acordado com o cliente com folga representativa de D dias. Este lote processado consumiu um elevado tempo de preparação. Em alguns dias, mas em tempo inferior a D dias, a mesma estampa foi processada e consumiu novamente um alto tempo de *setup*. Caso o processamento do primeiro lote de tal estampa complexa fosse retardado em alguns dias, o *setup* referente a esta estampa seria realizado uma única vez, resultando em mais tempo disponível para processar peças, em um maior volume produzido, redução da fila de pedidos, em mais pedidos liberados com data devida baixa em detrimento de poucos com uma data ligeiramente maior, e, uma maior taxa de ativação do gargalo, possibilitado uma redução do TRC médio.

II) Itens Faltantes no Pedido do Cliente Final (S3): O modelo atual de priorização também não leva em consideração os itens faltantes no pedido do cliente final. O TRC é calculado com base no maior LT entre as peças de um pedido, o que significa que partes do pedido podem ser concluídas em LTs pequenos, enquanto outras têm LTs maiores, com o LT maior prevalecendo no cálculo do TRC. Assim, pouco adianta produzir peças que estão vinculadas a pedidos com muitos itens pendentes, uma vez que estas peças ficarão aguardando o restante dos itens do pedido no setor de Logística. Desse modo, priorizar peças referentes a pedidos com poucas pendências pode ajudar a reduzir o TRC médio, aumentando a frequência de liberação de pedidos com TRC inferiores ao esperado pelo modelo adotado atualmente, garantindo a liberação de mais pedidos dentro dos prazos estabelecidos, evitando filas na sequência da linha de produção e estoques no setor responsável pela expedição de pedidos.

"Estratégia de Sequenciamento S3: Para iniciar um novo lote de estamparia, deve-se levar em consideração a razão entre pedidos liberados e peças processadas no lote selecionado: Priorizando lotes que liberem mais pedidos por peças processada, tende-se a liberar mais pedidos em um TRC reduzido"

Em concordância com S3 estratégia, foi observado uma situação em que uma estampa "E" com alto volume de peças foi processada devido a data devida de uma única peça ser a mais antiga da fila – havendo uma folga, porém, devido a uma campanha de marketing que resultou em diversos pedidos com mais de uma peça, poucos itens processados de "E" resultaram em liberação de pedidos. Como resultado, o estoque de produtos acabados ficou aguardando as demais peças dos pedidos, houve ociosidade por parte dos operadores de expedição e houve um gasto de recurso de tempo na Estamparia que pouco influenciou positivamente no TRC. Caso "E" fosse retardada intencionalmente para um instante em que esta liberaria mais pedidos e estampas com alta razão entre pedidos liberados por peça processada fossem priorizadas, haveriam mais pedidos liberados neste dia e o TRC médio tenderia a ser menor. Vale ressaltar que retardando "E", se esperaria que as outras estampas que complementariam os pedidos com a presença de "E" fossem processadas gradativamente, liberando pedidos por si só também.

Em resumo, embora a estratégia atual de priorização da estampa mais antiga tenha seus méritos, é importante reconhecer que existem outras considerações cruciais referentes ao sequenciamento do gargalo que podem ser levadas em conta para melhorar o TRC sem necessariamente reduzir o *makespan*. A otimização do TRC requer uma abordagem holística que leve em consideração uma variedade de fatores operacionais e de demanda, visando oferecer aos clientes uma experiência ainda mais satisfatória e eficiente.

3.5 P1: UMA ANÁLISE OPERACIONAL E ECONÔMICA

Com base na análise abrangente dos fatores que influenciam o TRC, fica evidente que a crença que P1 é o principal fator determinante do TRC deve ser reconsiderada. Vários elementos operacionais e de demanda impactam significativamente o TRC, e a DEI é apenas um deles. As principais causas dessa conclusão incluem:

I) C1 e C2: Estatisticamente, as flutuações na demanda e o tamanho da fila de produção afetam diretamente o TRC.

II) C3: Itens que exigem múltiplas etapas de produção, como itens com loops entre Costura e Estamparia, e muitas demãos de tinta, como peças com muitas telas de estamparia, tendem a ter LTs maiores referentes a tais operações. A gestão eficaz desses itens é fundamental para controlar o TRC uma vez que estes necessitam de mais recurso homem-máquina-hora e *Setups*, consumindo recursos que poderiam ser utilizados para produzir itens de menor LT.

III) C4, C5 e C6: O número de estampas diferentes, a variedade de itens e os tempos gastos com *setups* influenciam a eficiência da Estamparia. Uma grande quantidade ou uma alta variedade de estampas pode consumir mais recursos escassos, gerar maiores LTs e impactar no TRC.

IV) Estratégia S2: O tempo necessário para processar diferentes peças, especialmente aquelas mais complexas, desempenha um papel crucial no TRC. Priorizar tarefas com menor complexidade e menor tempo de processamento pode reduzir o trabalho em processo, o tamanho da fila de produção e o somatório dos tempos de conclusão de tarefas (Pinedo, Chao, 1999). Com a redução de tal somatório, o TRC tende, na média a ser reduzido.

V) Estratégia S3: A falta de coordenação entre as peças de um pedido pode resultar em diferentes tempos de entrega, com o LT maior prevalecendo no cálculo do TRC.

Priorizar pedidos com poucas peças pendentes, seguindo princípios da regra de despacho SQNO de priorizar tarefas com menos tempo de processamento em etapas subsequentes (Pinedo, Chao – 1999), no caso específico da empresa, tende a liberar mais pedidos e um intervalo de tempo próximo.

VI) Sequenciamento misto entre S1, S2 e S3: O método como as ordens de produção são disparadas, sequenciadas e gerenciadas, incluindo a estratégia de separação por estampa e suas derivações, pode afetar o TRC. Pinedo e Chao (1999) elucidam que em ambientes de produção complexos, sequenciamentos aceitáveis podem levar em consideração diversos princípios de regras de despacho. No caso particular da empresa, observa-se a possibilidade de aplicar princípios de regras como SST, SPT, EDD.

Em conjunto, esses fatores destacam a complexidade envolvida na gestão do TRC e demonstram que a DEI, embora importante, não é o único ou o principal determinante do TRC. Para melhorar o TRC de forma significativa, é essencial considerar uma abordagem holística que leve em consideração todos esses elementos e busque otimizar o processo de produção em sua totalidade.

Partindo da premissa equivocada de que a maior DEI é o principal fator determinante do TRC, o Planejamento e Controle de Produção (PCP) pode superlotar o estoque intermediário em uma tentativa de garantir uma maior DEI, empurrando mais itens semiacabados para o estoque na expectativa que eles venham a ser demandados no futuro. Ademais, esse excesso de estoque pode resultar em custos que não se justificam, incluindo custos de armazenamento, riscos de obsolescência e imobilização de capital, onde, segundo Martin (2018), a estratégia de gerenciamento de estoques está amarrada ao ativo circulante da empresa, e para o estoque há um investimento e custo de manutenção. Portanto, é imperativo que o dimensionamento do estoque intermediário seja estudado cuidadosamente, visando garantir uma disponibilidade mínima necessária para evitar paralisações no gargalo de produção, mas evitando o excesso de estoque e custos de armazenamento.

Em discordância com a P1 e em consonância com a TOC, sugere-se que a empresa realize um dimensionamento do estoque objetivando manter máxima a taxa de ativação do gargalo, reconhecendo que itens indisponíveis em estoque podem ser produzidos de modo puxado em tempo hábil haja vista a folga nos setores anteriores ao gargalo e que economizar em recursos que não são gargalos é uma miragem (Cox III, Schleir, 2013), bem como que um ganho em um recurso gargalo é um ganho no sistema(Cox III, Schleir, 2013). Um estoque

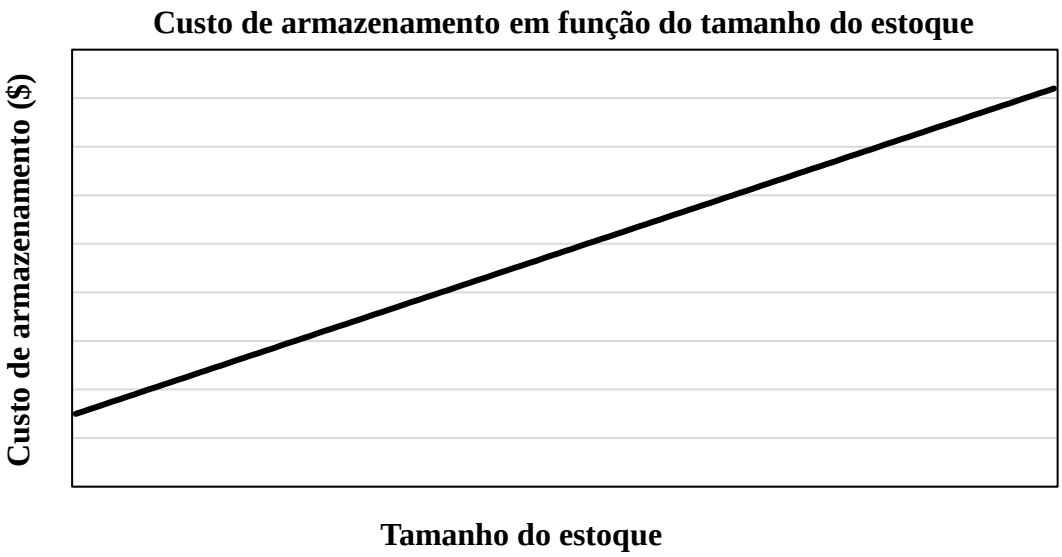
dimensionado desse modo deve ter um tamanho menor, uma vez que busca sempre possuir uma quantidade constante de itens disponíveis para o gargalo, e não a totalidade de itens da fila, a qual tende a superlotar o estoque para aumentar a probabilidade de disponibilidade. A adoção de uma estratégia com um tamanho de estoque reduzido deve acarretar nos seguintes benefícios:

I) Menor custo com armazenamento: Um estoque menor tende a ocupar menos espaço físico, diminui a probabilidade de perdas por obsolescência e deterioração.

II) Aumento da liquidez financeira da empresa e redução do ciclo de vida financeiro: Um estoque menor reduz a necessidade de investimento de capital em matéria-prima. Ademais, o giro do estoque intermediário tende a aumentar, o que pode reduzir o tempo entre a compra de insumos e a venda dos produtos, diminuindo o ciclo de vida financeiro, aumentando a liquidez da empresa e o dinheiro em caixa.

Uma vez que o TRC é pouco sensível a P1, por ele não se justifica a estratégia adotada atualmente, que tende a não ser eficiente para os custos de armazenamento, liquidez econômica e ciclo de vida financeiro. Segundo Matin (2018), em geral, os custos de manutenção de armazéns função do tamanho do estoque seguem uma curva como a representada na Figura 3, com tais valores sendo proporcionais entre si.

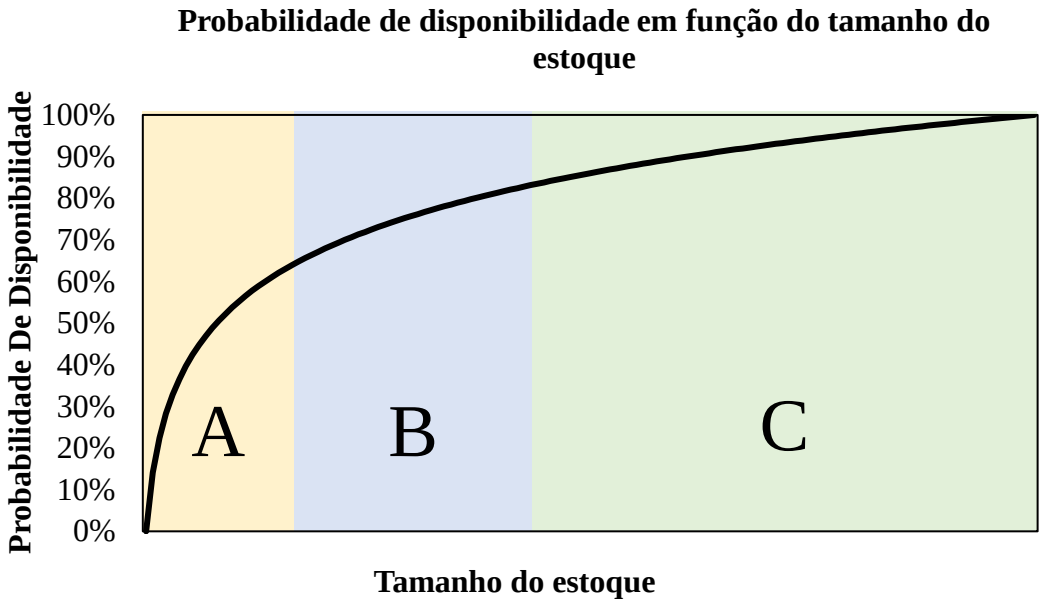
FIGURA 3 - Representação dos custos de armazenamento em função da quantidade total armazenada



Fonte: Adaptado de Martin, 2018.

Conforme visto na seção 2.1 em um gerenciamento de estoque, o giro de cada variedade é importante para definir a quantidade a se manter armazenada. O resultado desse gerenciamento é uma Curva ABC e a probabilidade de disponibilidade em estoque cresce em função do tamanho do estoque como a representada na Figura 4: Com itens de maior giro sendo responsáveis por garantir maior disponibilidade de estoque e, à medida que se deseja aumentar tal disponibilidade, deve-se armazenar inúmeras variedades de menor giro, mais sujeitas a não serem demandadas.

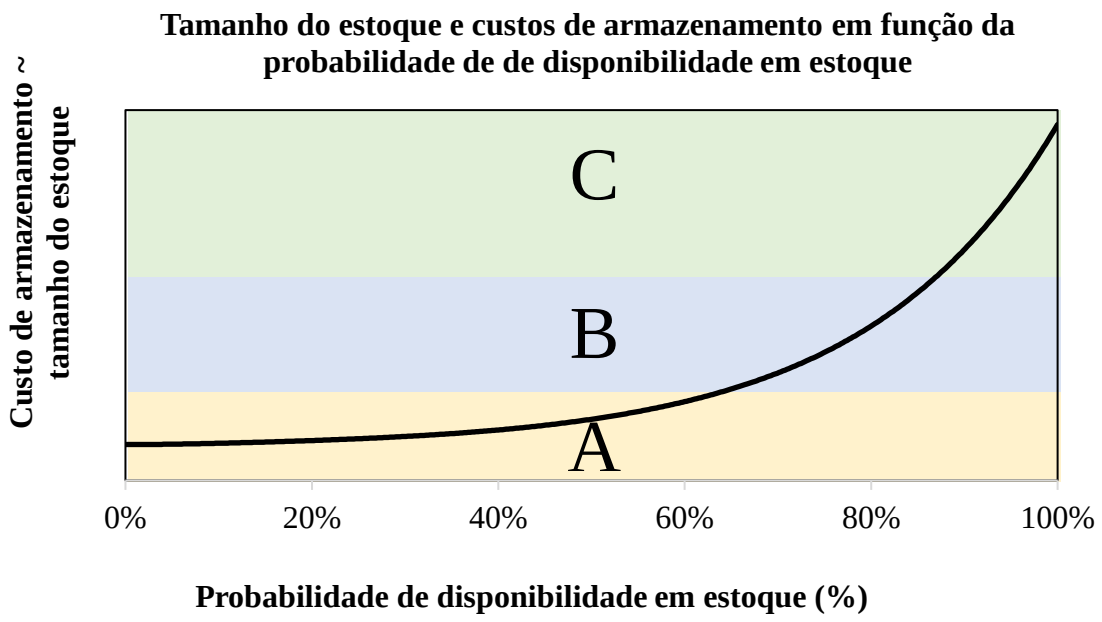
FIGURA 4 - Representação da probabilidade de disponibilidade de um item em função da quantidade total armazenada



Fonte: O autor.

Cruzando as curvas da Figura 3 com a Figura 4, tem-se uma curva dos custos de armazenamento em função da probabilidade de disponibilidade de estoque, representada na Figura 5.

FIGURA 5 - Representação dos custos de armazenamento em função da probabilidade de disponibilidade em estoque



Fonte: O autor.

Um indício da existência de uma curva ABC no que diz respeito a DEI e o estoque intermediário da empresa advém do Quadro 2, que representa a proporção de vendas de variações dos itens de maior giro no mês de agosto de 2023. Em tal mês, a empresa obteve 162 famílias de modelos com ao menos uma venda. Dentre as 162 famílias, as vendas acumuladas de 17 variações representaram mais de 80% da demanda, ou seja, 10,5% das variedades existentes representaram 80% das vendas, sendo um forte indicador de que poucas variedades representam a maior parte da demanda – o que é previsto em um modelo ABC.

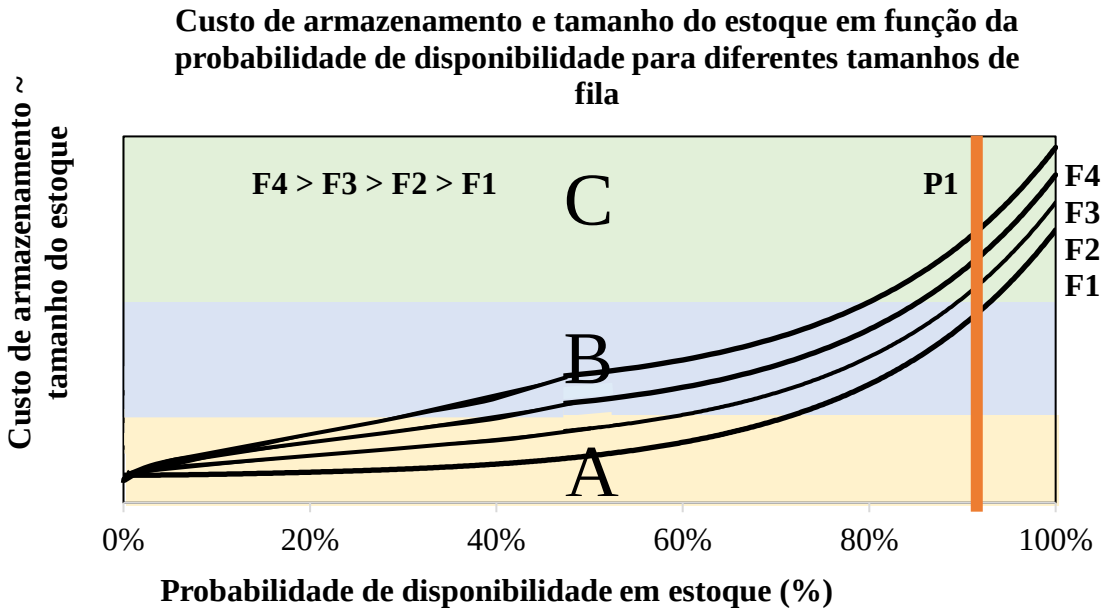
QUADRO 2 - Proporção de vendas dos itens de maior giro de estoque intermediário em agosto de 2023

RANK DO ITEM	PROPORÇÃO NAS VENDAS	PROPORÇÃO ACUMULADA
1	38,27%	38,27%
2	13,63%	51,90%
3	5,49%	57,39%
4	3,01%	60,40%
5	2,94%	63,34%
6	2,85%	66,19%
7	2,15%	68,34%
8	1,78%	70,12%
9	1,61%	71,73%
10	1,22%	72,95%
11	1,18%	74,13%
12	1,14%	75,27%
13	1,04%	76,31%
14	1,02%	77,33%
15	1,00%	78,33%
16	1,01%	79,34%
17	0,91%	80,25%
18	0,89%	81,14%
19	0,89%	82,03%
20	0,89%	82,92%

Fonte - O autor)

Adentrando no caso específico da empresa, no que diz respeito a relação da DEI com tamanhos diferentes de fila de pedidos em produção, têm-se curvas diferentes referentes a probabilidade de DEI: em um estoque com uma quantidade Q de itens, quanto maior a fila de pedidos, menor é a probabilidade do estoque intermediário atender a fila. Assim, conforme representado na Figura 6, para atender a P1 - manter a disponibilidade de estoque elevada e constante, a empresa tende a aumentar o dimensionamento do seu estoque de acordo com o aumento da fila, arcando com gastos de armazenamento que crescem de acordo com o tamanho do estoque. Logo, o custo de armazenamento da empresa passa a ser uma função do tamanho da fila de produção associada com a DEI.

FIGURA 6 - Representação da influência em dimensionar o estoque pela P1 nos custos de armazenamento em função da probabilidade de disponibilidade em estoque para diferentes tamanhos de fila de itens a serem produzidos



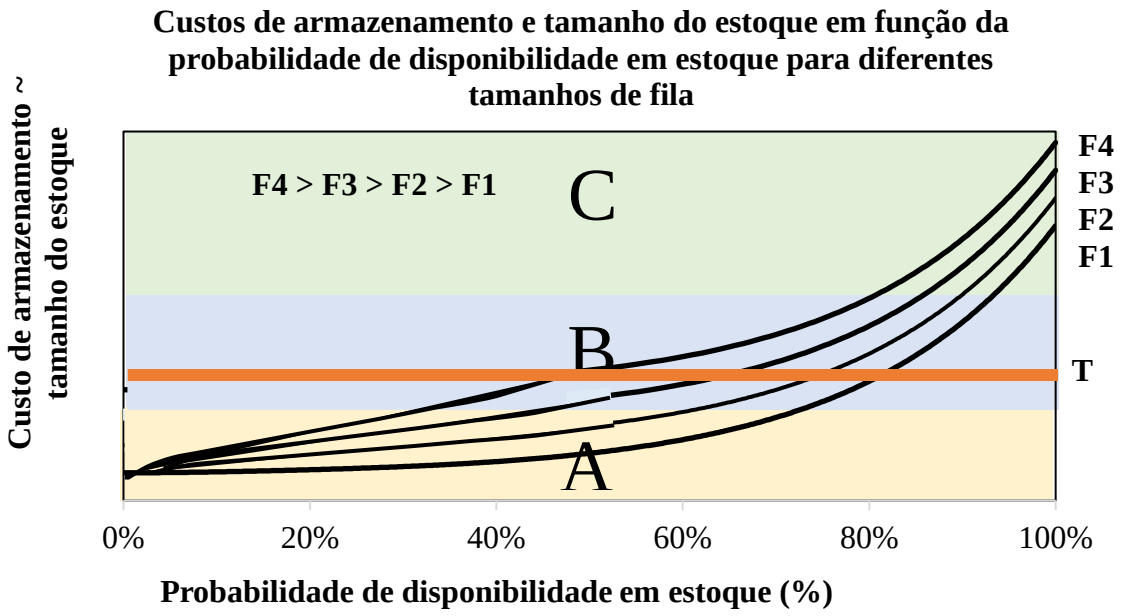
Fonte: O autor.

Dimensionando o estoque intermediário com um tamanho fixo T, com itens de maior giro e capazes de manter a taxa de ativação do gargalo - que possui capacidade constante, os custos com armazenamento tenderiam a ser constantes, variando a probabilidade de DEI de acordo com o tamanho da fila de pedidos em produção, conforme representado na Figura 7. Uma vez que o TRC é pouco sensível a DEI, para momentos com maior fila, a empresa poderia assumir a estratégia de produzir seguindo a estratégia MTO, possuindo menores taxas de DEI e abdicando da estratégia ATO, com a produção sendo puxada também nas etapas de corte e costura.

Relata-se a observação de um caso específico que se enquadra em tal situação: em um memo dia foram demandados dois pedidos idênticos de um item com baixo giro de estoque e estes entraram na fila de produção. O estoque intermediário possuia somente um item disponível – obrigando a empresa a programar uma ordem de corte e outra de costura para o item faltante, as quais tiverm LTs normais. Enquanto tal peça era cortada e costurada, a peça já disponível em estoque intermediário aguardava na fila para ser estampada e, o LT de corte e costura foi inferior ao tempo de fila, com a peça faltante sendo disponibilizada a Estamparia antes que a falta fosse percebida por esta. Como resultado, as duas peças foram processadas

simultaneamente e a DEI de um item, bem como a falta momentanea do outro não alteraram o TRC dos pedidos.

FIGURA 7 - Representação da influência de um tamanho de estoque fixo nos custos de armazenamento em função da probabilidade de disponibilidade em estoque para diferentes tamanhos de fila de itens a serem produzidos



Fonte: O autor.

Além disso, a abordagem do elemento "corda" no sistema TPC pode ser melhor explorada. A "corda" representa a taxa de produção no gargalo a qual deve puxar a produção dos demais elos da cadeia por meio do balanceamento do fluxo produtivo (Cox, Schleir – 2013) e otimizar tal taxa pode ser fundamental para reduzir o TRC. Uma alocação eficaz de recursos, aprimoramentos no processo de *setup* e a gestão da complexidade das peças podem contribuir para maximizar a produtividade do gargalo, reduzindo assim o tempo de produção e, consequentemente, o TRC. Em última análise, o foco deve ser direcionado para uma gestão inteligente e estratégica de todos os elementos envolvidos no processo produtivo, realizando uma subordinação dos outros recursos a capacidade do gargalo conforme mencionado nos passos da TOC, por Corrêa e Corrêa (2009), e reconhecendo que o estoque intermediário é apenas um componente de um sistema maior e mais complexo.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi identificar como as estratégias de produção adotadas pela empresa e as decisões a respeito de seu estoque intermediário afetam o TRC. Nesse sentido, de posse da premissa do PCP da influência da DEI no TRC, procurou-se validar tal premissa e, no decorrer de tal validação, levantaram-se indícios estatísticos de sua falsidade: constatando a baixa influência da DEI no TRC e atingindo o objetivo inicial do trabalho no que diz respeito a análise da influência das decisões de gerenciamento do estoque intermediário no TRC.

A posteriori, buscando identificar as estratégias que influenciavam no TRC, identificaram-se fatores operacionais relacionados ao gargalo de produção com potencial impacto no TRC, procurando valida-los de modo estatístico ou com base na literatura. Os fatores operacionais identificados foram nessa etapa foram: demanda, fila de Itens, complexidade das peças, variedade de itens, e, tempos de *setup*. Em seguida, observou-se que um potencial meio de gerenciar os fatores internos a produção seria o sequenciamento do gargalo objetivando reduzir a fila e maximizar a taxa de utilização da Estamparia – priorizando peças de menor complexidade, diminuindo a frequência de lotes de produção de peças complexas, evitando *setups* ao se produzir estampas com maior volume na fila de produção, e priorizando lotes que liberariam mais pedidos, com a ressalva de não renegar aos prazos de acordo com o acordado com os clientes.

Por fim, levantaram-se os potenciais benefícios de modificar a estratégia de gerenciamento do estoque intermediário, com foco na redução de custos e na estratégia de produção puxada para itens de menor volume de vendas: assumindo que os setores de Corte e Costura tem sobra de capacidade que permite a alteração da estratégia e a disponibilidade das peças a Estamparia em tempo hábil – dentro dos prazos.

De posse das informações obtidas, conclui-se que o setor de PCP da empresa deve estudar a reconsideração da estratégia de manter alta DEI para obter um TRC razoável, uma vez que, estatisticamente, a DEI não apresenta relação significativa com o TRC. Ao invés de focar as energias no alto controle da DEI, o PCP pode traçar estratégias para controlar o tamanho da fila de itens a serem produzidos e o tempo gasto na produção de peças com maior complexidade de operação, questões que podem ser tratadas no sequenciamento de produção do gargalo. Ademais, abdicando da estratégia focada em manter uma alta DEI, a empresa poderia reduzir seus níveis de estoque, reduzindo seus custos de armazenamento e de materiais.

Em consonância, sugere-se à empresa um estudo aprofundado do dimensionamento e do gerenciamento do estoque intermediário baseado no giro de estoque e na demanda histórica, onde, visando manter a taxa de ativação da Estamparia, se definiriam as quantidades a serem armazenadas de itens semiacabados de acordo com estoque um segurança. Tal estudo também pode realizar um dimensionamento do estoque baseado no conceito de pulmão, da TOC, e nos LTs de corte e costura.

O pesquisador também propõe futuros estudos que definam um sequenciamento de produção ideal para a Estamparia, sendo capaz de considerar todos os aspectos relevantes ao TRC citados no trabalho e que se baseie em outros fatores além dos já adotados relacionados a data devida, em especial, visando a redução da Fila de produção ao priorizar peças de menor complexidade e estampas com maior volume de peças demandadas.

REFERÊNCIAS

ALDERSON, Wroe. *Marketing efficiency and the principle of postponement*. Cost and profit outlook,1950.

ARNOLD, J.R.T. Material Management. 3ªed. *New Jersey*, Prentice Hall, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. *Áreas da Engenharia de Produção*. Portal da ABEPRO, 2023. Disponível em: http://portal.abepro.org.br/profissao/. Acesso em: 03 mai. 2023.

BENITEZ, J. *Prazo de entrega no e-commerce importa.* E-commerce Brasil, 2021. Disponível em: https://www.ecommercebrasil.com.br/artigos/prazos-de-entrega-no-e-commerce-importancia. Acesso em: 28 mai. 2023.

BUETTGEN, JOHN JACKSON. *Planejamento e controle da produção*. Indaial: Grupo UNIASSELVI, 2011.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração da produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

COSTA, Gustavo Nunes. *A Utilização Da Curva Abc Como Ferramenta De Gerenciamento De Estoque.* 2017. p. 56. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, Medianeira, 2017.

COX III, J. F. SCHLEIER, J. G. *Handbook da Teoria das Restrições.* Porto Alegre: Bookman Editora Ltda, 2013.

DIAS, M. C. *Moda é o segmento com mais vendas e-commerce na pandemia.* Revista Exame, 2021, Disponível em: https://exame.com/pme/moda-segmento-mais-vendas-ecommerce-pandemia/. Acesso em: 28 mai. 2023.

FERNANDES, F. C. F.; GODINHO, F. M. *Planejamento e controle da produção: dos fundamentos ao essencial*. São Paulo: Atlas. 2010.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. *The goal*. Croton-on Hudson, Nova York: North River Press, 1984.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. *Sobre os ombros de gigantes*. Tradução: Guilherme V. Almeida e Humberto R., 2008.

GOLOBOVANTE, A. F. M.; RIBEIRO, P. C. C.; GOMES, C. F. S.. Adoção de Resposta Rápida e gerenciamento de estoques no fast fashion: dois estudos de caso em Minas Gerais. *Gestão & Produção*, v. 25, n. 3, p. 557-567, jul. 2018.

FERNANDES, F. C. F. *et al*. Proposta de um método para atingir a manufatura responsiva na indústria de calçados: implantação e avaliação por meio de uma pesquisa-ação. *Gestão & Produção*, v. 19, n. 3, p. 509-529, 2012.

LARSON, Ron. *Elementary statistics: picturing the world.* 8ªed. Persons Education Inc, 2023.

LUSTOSA, Leonardo. *Planejamento e Controle da Produção*. 4ª tiragem. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MAINIERI, G. B.; RONCONI, D. P. Regras de despacho para a minimização do atraso total no ambiente flowshop flexível. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 17, n.4. 2010.

MARTIN, Christopher. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.* 5ª ed. Tradução: Priscila Rodrigues da Silva e Lopes. São Paulo: Cengage, 2018.

PARSONS, John C. W. *Reebok NFL Replica Jerseys: A Case for Postponement*. Massachusetts Institute of Technology, 2004.

PINEDO, M. L.; CHAO, X. *Operations Scheduling with aplications in manufacturing and services*. Irvin/McGraw-Hill, 1999.

ROMMEL, C.; CHIES, J.; VIZZOTTO, M. J. Controle E Gestão De Estoques: Uma Revisão Bibliográfica. *RESCA – Revista Eletrônica De Ciências Sociais Aplicadas*, v. 6, n. 1, p. 3-25, jan./jun. 2017.

SCHIAVINI, Rodrigo. *Crescimento do e-commerce na pandemia é fruto de investimentos e muito trabalho*. SEBRAE, 2022. Disponível em: https://sebraepr.com.br/comunidade/artigo/crescimento-do-e-commerce-na-pandemia-e-fruto-de-investimentos-e-muito-trabalho. Acesso em: 28 mai. 2023.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A. *Operations Managment*. 9ª ed. Nova York: Pearson, 2019.

SOUZA, F. B. DE.; PIRES, S. R. I. Produzindo para disponibilidade: uma aplicação da Teoria das Restrições em ambientes de produção para estoque. *Gestão & Produção*, v. 21, n. 1, p. 65-76, jan. 2014.

TAVARES, A. R. F. M. OPT – Optimized Production Technology: Ensaio numa Indústria de Componentes. Dissertação. 2018. p. 95. Dissertação de Mestrado (Engenharia Mecânica e Gestão Industrial) - Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Viseu, Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 2018.

VIÑAS, Inácio Mares. *Balanceamento da Produção: Análise em uma malharia com base na Teoria das Restrições.* 2023. p. 67. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2023.

WALLER, M. A.; DABHOLKAR, P. A.; GENTRY, J. J. Postponement, Product Customization, and Market-oriented Suply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, v. 21, n. 2, p. 133-158, 2000.

ANEXO A: ENTREVISTA COM O RESPONSÁVEL PELO PCP DA EMPRESA

PERGUNTA	RESPOSTA
Qual é o objetivo da programação da produção da empresa?	*A programação da produção na empresa é peça chave no planejamento e assertividade da ordenação das atividades e processos. Auxiliando na melhoria do resultado produtivo e interferindo diretamente na responsividade do pedido do cliente. Logo seu objetivo é melhorar principalmente a entrega, o atendimento e a satisfação do cliente*
Como se dá o gerenciamento do estoque intermediário?	*O estoque intermediário funciona como um pulmão na produção, em que ele puxa as matérias primas, os primeiros processos e prepara uma melhor distribuição para os processos de finalização do pedido. O gerenciamento dele é peça fundamental para a previsão de demanda e agilidade nos processos finais de produção.*
Qual é o papel do estoque intermediário na estratégia de produção?	*Como respondido na pergunta anterior, o estoque intermediário proporciona uma maior agilidade na disponibilidade de material produtivo nos processos de finalização do pedido. Ele é fundamental para a previsão de compras, redução de lead time, distribuição de serviços e antecipação de demandas.*
Qual a relevância da disponibilidade de estoque intermediário?	*A disponibilidade do estoque intermediário simplesmente é o input do processo de finalização dos pedidos. Sem ele não tem como realizar o procedimento, como*

	consequência não tem como entregar o pedido.
Como é programada a produção do Corte?	*A produção do Corte é dada de acordo com 3 critérios principais:* *1- falta de estoque para produção de pedido* *2- reposição com balanceamento de estoque* *3- balanceamento de estoque de segurança de acordo com o histórico de vendas e projeções de vendas futuras*
Como é programada a produção da Costura?	*A produção da Costura é responsiva produção do Corte, em que sua programação vai de acordo com a demanda do primeiro processo, seguindo a mesma lógica:* *1- reposição de produtos faltantes* *2- balanceamento de estoques* *3- projeção de estoques como antecipação de campanhas futuras* *Seu ordenamento varia de acordo com a prioridade existente: atraso, volume de produtos, sequenciamento de tipo de produtos, entre outros.*
Como é programada a produção da Estamparia?	*A produção da Estamparia é totalmente puxada, em que são agrupados as estampas e os produtos, posteriormente ordenados pela data mais antiga de venda. Logo após, existe a separação dessa estampa e todos produtos que são pedidos nessa mesma, são produzidos de uma vez, reduzindo a quantidade de setups no processo bem artesanal.*
Qual é o setor que você identifica como o gargalo de produção? Por que?	*Estamparia. Porque existe uma variedade muito grande de estampas e algumas com um tempo de processamento muito elevado.*

	Além disso, por se tratar de um processo bem artesanal, existe a alta dependência do rendimento individual de cada operador para realizar o processo de estampar. Então na maioria das vezes o gargalo se concentra nesse setor.

ANEXO B: TRECHO DO BANCO DE DADOS

DATA	TRC	DEI	DEMANDA	FILA	MÉDIA COMPLEXIDADE	SOMA COMPLEXIDADE	EQUAÇÃO 1
19/3/2023	6,72	90,64%	1045	2822	3,31	497,00	9,22
20/3/2023	8,23	90,64%	1045	2586	3,43	2394,00	9,65
21/3/2023	9,16	92,56%	657	2783	3,10	2151,00	9,23
22/3/2023	8,91	90,98%	554	2892	3,10	1781,40	9,17
23/3/2023	8,27	89,70%	1088	2921	3,12	3086,00	9,56
24/3/2023	8,22	90,68%	1495	3368	2,88	2273,00	10,18
25/3/2023	7,56	94,67%	1115	3368	2,99	765,00	9,57

ANEXO C: TERMO DE AUTENCIDADE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ENGENHARIA

Termo de Declaração de Autenticidade de Autoria

Declaro, sob as penas da lei e para os devidos fins, junto à Universidade Federal de Juiz de Fora, que meu Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Graduação em Engenharia de Produção é original, de minha única e exclusiva autoria. E não se trata de cópia integral ou parcial de textos e trabalhos de autoria de outrem, seja em formato de papel, eletrônico, digital, áudio-visual ou qualquer outro meio.
Declaro ainda ter total conhecimento e compreensão do que é considerado plágio, não apenas a cópia integral do trabalho, mas também de parte dele, inclusive de artigos e/ou parágrafos, sem citação do autor ou de sua fonte.
Declaro, por fim, ter total conhecimento e compreensão das punições decorrentes da prática de plágio, através das sanções civis previstas na lei do direito autoral[1] e criminais previstas no Código Penal[2], além das cominações administrativas e acadêmicas que poderão resultar em reprovação no Trabalho de Conclusão de Curso.

Juiz de Fora, 06 de dezembro de 2023.

Paulo Cezar da Rocha Júnior	**201949035**
NOME LEGÍVEL DO ALUNO (A)	Matrícula
Paulo Cezar da Rocha Júnior	**126.269.216-45**
ASSINATURA	CPF

[1] LEI N° 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998. Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências.
[2] Art. 184. Violar direitos de autor e os que lhe são conexos: Pena – detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, ou multa.