

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO,
CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO SUL
Campus Ibirubá**

HENRIQUE BERGER BOCK

Ferramenta para nivelar a demanda de produção de uma máquina laser

Ibirubá

2023

HENRIQUE BERGER BOCK

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Ferramenta para nivelar a demanda de produção de uma máquina laser

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Área de concentração: Engenharia de processos
Orientador: Me. Giancarlo Stefani Schleder

Ibirubá

2023

BOCK, Henrique Berger

Ferramenta para nivelar a demanda de produção de uma máquina laser. / Henrique Berger Bock, 2023.

Orientador: Prof. Me. Giancarlo Stefani Schleder

57 páginas, ilustrado.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Ibirubá, Curso de Graduação em Engenharia Mecânica, Ibirubá, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Mecânica. 2. Demanda de produção. 3. Máquina a laser. 4. Excel. I. Schleder, Giancarlo Stefani II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, Campus Ibirubá. Curso de Graduação em Engenharia Mecânica.

Ferramenta para nivelar a demanda de produção de uma máquina laser

Henrique Berger Bock

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Banca Examinadora designada pelo Curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Ibirubá, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Ibirubá, 21 de novembro de 2023.

Banca Examinadora:

Prof. Me. Giancarlo Stefani Schleder
IFRS campus Ibirubá

Prof. Dr. Anderson Oliveira Fraga
IFRS campus Ibirubá

Prof. Me. Flávio Roberto Andara
IFRS campus Ibirubá

RESUMO

O trabalho focou em otimizar o processo de produção utilizando uma máquina a laser, por meio do alinhamento equilibrado da demanda ao longo da semana. Essa otimização resultou em uma utilização mais eficiente da máquina e do operador, contribuindo para a estabilidade operacional e previsibilidade do fluxo de trabalho. A análise revelou que essa estratégia não só melhorou a eficiência operacional, mas também reduziu significativamente os custos operacionais ao minimizar o tempo ocioso e otimizar o uso dos recursos. Além disso, contribuiu para uma redução na sobrecarga dos turnos de trabalho e na manutenção da qualidade, favorecendo uma operação mais sustentável. A implementação futura de automação para este processo é prevista, visando aumentar ainda mais a eficiência e reduzir o tempo dedicado à entrada de dados manual.

Palavras chave: Otimização de produção. Gestão de recursos. Estabilidade operacional.

ABSTRACT

This work was focused on optimizing the production process using a laser machine, through the balanced alignment of demand throughout the week. This optimization reached in better efficient use of both the machine and the operator, contributing to operational stability and the predictability of the workflow. The analysis revealed that this strategy not only improved operational efficiency but also significantly reduced operational costs by minimizing idle time and optimizing resource use. Additionally, it contributed to a reduction in the overload of work shifts and in maintaining quality, favoring a more sustainable operation. Future automation was planned for this process, aiming to further increase efficiency and reduction in setup time.

Key words: Production Optimization. Resource Management. Operational Stability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Vista frontal da AGCO Ibirubá.....	9
Figura 2 - Equilíbrio entre atividades de planejamento e controle.....	15
Figura 3 - Métodos quantitativos mais utilizados na indústria.....	17
Figura 4 - Demanda dependente.....	19
Figura 5 - Demanda independente.....	19
Figura 6 - Localização dos estoques em todos os níveis do canal de suprimentos.....	29
Figura 7 - Curva ABC.....	30
Figura 8 - Desenho renderizado da máquina a laser utilizada.....	32
Figura 9 - Comparativo entre as demandas original e tratada de horas de trabalho diária.	46
Figura 10 - Comparativo entre as demandas original e tratada em número de turnos.	47
Figura 11 - Comparativo entre horas extras e horas ociosas.....	48
Figura 12 - Possibilidade de ganho pela média ponderada dos produtos classe A, com aproveitamento do tempo ocioso da máquina.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de demanda.....	18
Tabela 2 - Equações básicas para os modelos de Holt-Winters.	28
Tabela 3 - Classificação ABC.....	31
Tabela 4 - Classificação ABC dos itens produzidos.....	33
Tabela 5 - Distribuição de quantidade a ser produzida de acordo com a demanda original.....	36
Tabela 6 - Estimativa de tempo para produção das peças.	39
Tabela 7 - Demanda de horas (em minutos) de trabalho diárias de acordo com a demanda original.....	41
Tabela 8 - Divisão da quantidade de turnos de trabalho pelas horas demandadas.	42
Tabela 9 - Distribuição da quantidade a ser produzida de acordo com a demanda tratada.	42
Tabela 10 - Demanda de horas (em minutos) de trabalho diárias de acordo com a demanda tratada.	45

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	JUSTIFICATIVA.....	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3	REVISÃO CONCEITUAL	13
3.1	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	13
3.2	PREVISÃO DE DEMANDA	15
3.3	MÉTODOS DE PREVISÃO.....	20
3.3.1	Método do Último Pedido	21
3.3.2	Método da Média Móvel	22
3.3.3	Método da Média Móvel Ponderada	23
3.3.4	Método da Média com Ponderação ou Aritmética	25
3.3.5	Método de <i>Holt-Winters</i>	26
3.4	GESTÃO DE ESTOQUE	28
3.5	MÉTODO ABC	30
4	METODOLOGIA	32
4.1	ANÁLISE DA DEMANDA	33
4.1.1	Demanda Original	36
4.1.2	Demanda Tratada	42
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
6	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

A logística, é uma área vital para o funcionamento de qualquer organização, desempenha um papel cada vez mais crítico no atual ambiente de negócios, onde a eficiência e a rapidez na entrega são demandas crescentes dos consumidores. Com o avanço do comércio eletrônico e o aumento das expectativas dos consumidores por entregas rápidas e rastreamento de pedidos em tempo real, a complexidade e os desafios logísticos se intensificaram significativamente.

A AGCO, com suas cinco unidades de produção no Brasil, quatro das quais estão localizadas no Rio Grande do Sul, representa um exemplo notável de uma empresa que enfrenta esses desafios logísticos. A unidade de Ibirubá, por exemplo, é especializada na fabricação de implementos de plantio, enquanto outras unidades se concentram em diferentes aspectos da produção agrícola, como colheitadeiras, motores e tratores de diversos tamanhos, além de silos de armazenagem e transportadores de grãos (AGCO, 2023).

Nos dias atuais, há um desafio crescente na área da logística e produção, especialmente no contexto da AGCO do Brasil, uma empresa líder global no desenvolvimento, fabricação e distribuição de equipamentos agrícolas. Este trabalho de conclusão de curso se baseia em um estágio curricular realizado no setor de logística da AGCO, localizada na cidade de Ibirubá, às margens da RS 223. A AGCO é reconhecida por suas marcas como Challenger, Fendt, GSI, Massey Ferguson, Precision Planting e Valtra, oferecendo uma ampla gama de produtos, incluindo tratores, colheitadeiras, equipamentos para fenação e forragem, implementos, armazenamento de grãos e sistemas de produção de proteína, além de peças de reposição (AGCO, 2023).

Figura 1 - Vista frontal da AGCO Ibirubá.



Fonte: Autoria Própria (2023).

No cenário competitivo atual, é crucial para as empresas desenvolverem estratégias de planejamento. De acordo com Martins e Laugení (2015), isso é essencial para estabelecer direções claras em setores como administração, finanças, marketing e produção, com o objetivo de alcançar vantagens competitivas. Por exemplo, os estoques, frequentemente vistos como problemáticos e fontes de custos elevados, são, na verdade, fundamentais. Operar sem estoques não é aconselhável; é vital ter um planejamento eficaz para otimizar a produção e determinar com precisão o tamanho ideal do lote, de modo a atender as demandas dos clientes e manter um baixo nível de capital parado. Segundo Monks (1987), existem seis razões principais para manter estoques:

- Para responder a demandas variáveis dos clientes, sejam elas sazonais ou imediatas;
- Para se proteger de possíveis problemas de fornecimento, escassez ou esgotamento de estoque;
- Para equilibrar as atividades de produção e melhorar as relações trabalhistas, estabilizando o número de empregados;
- Para facilitar a fabricação de diferentes produtos no mesmo local;
- Para adquirir e manusear materiais em lotes econômicos, aproveitando descontos por volume;
- Para se resguardar contra incertezas relacionadas a entregas e preços futuros, como greves, aumentos de preços e inflação.

O estudo em questão visa adaptar uma ferramenta existente no Excel para prever a demanda de produção diária de um equipamento industrial, neste caso, uma máquina a laser. Esta adaptação busca otimizar o processo produtivo, reduzindo desperdícios e atendendo às necessidades do cliente de maneira eficiente. A metodologia proposta para o desenvolvimento deste trabalho incluirá pesquisa bibliográfica, análise de dados históricos e testes práticos com a ferramenta adaptada. A expectativa é que, ao final deste estudo, seja obtida uma ferramenta robusta e adaptada para prever a demanda de produção, contribuindo significativamente para a eficiência operacional na AGCO.

1.1 JUSTIFICATIVA

A justificativa para a realização deste Trabalho de Conclusão de Curso reside na crescente necessidade de otimizar processos logísticos e de produção em ambientes industriais

complexos, como é o caso da AGCO do Brasil. Em um cenário de intensa competição de mercado e elevadas expectativas dos consumidores, torna-se imperativo para que as empresas implementem soluções que permitam previsões acuradas de demanda, maximizando eficiência e minimizando desperdícios.

A adaptação de uma ferramenta para prever a demanda de produção para uma máquina a laser na AGCO atende a essa necessidade, proporcionando uma gestão mais eficaz dos recursos e uma melhor resposta às flutuações do mercado. Além disso, este projeto não apenas alinha-se com as tendências atuais de automação e otimização na indústria, mas também contribui para a formação profissional do autor, permitindo-lhe aplicar conhecimentos teóricos em um contexto prático real, enfrentando desafios reais do ambiente empresarial. Assim, este TCC não apenas busca oferecer uma solução técnica relevante para a AGCO, mas também se estabelece como uma oportunidade valiosa de aprendizado e contribuição para o campo da logística e produção industrial.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral do trabalho é o desenvolvimento e implementação de uma ferramenta adaptada no Excel para que seja prevista com precisão a demanda de produção diária de uma máquina laser na AGCO do Brasil. Este objetivo visa otimizar o processo produtivo, alinhando-o com as necessidades operacionais da empresa e contribuindo para a eficiência e sustentabilidade no ambiente industrial complexo em que opera.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para os objetivos específicos, deseja-se:

- Analisar o processo atual: Examinar o processo produtivo atual na empresa em questão, identificando as características específicas de produção realizada por máquinas a laser e os desafios enfrentados na previsão de demanda.
- Adaptar a ferramenta existente: Modificar a ferramenta de previsão de demanda existente em Excel, assegurando que seja capaz de lidar com os requisitos específicos da produção de máquinas a laser, incluindo variações nos turnos e tempos de produção por peça.
- Integrar dados de subprocessos: Incorporar dados relativos a todos os subprocessos envolvidos na produção, garantindo uma visão abrangente que auxilie na previsão mais precisa da demanda.
- Testar e validar a ferramenta: Realizar testes práticos com a ferramenta adaptada, utilizando dados históricos e cenários simulados, para validar sua eficácia e precisão.
- Avaliar impactos operacionais: Analisar o impacto da implementação da ferramenta na redução de desperdícios, melhoria da eficiência produtiva, e na satisfação das demandas do cliente.
- Propor melhorias contínuas: Sugerir recomendações para ajustes e melhorias contínuas da ferramenta, com base nos resultados obtidos nos testes e na implementação prática.

3 REVISÃO CONCEITUAL

A revisão bibliográfica deste Trabalho de Conclusão de Curso aborda a temática da previsão de demanda de produção. Este tópico é fundamental no contexto da eficiência operacional e da gestão de recursos em ambientes industriais. O objetivo desta revisão é explorar as diversas abordagens e técnicas usadas para previsão de demanda, avaliando sua aplicabilidade e eficácia no contexto específico da produção com máquinas a laser.

Almeida et al. (2022), através de seu artigo a respeito de métodos de previsão de demanda de materiais, destaca a importância da previsão de demanda no contexto da gestão de materiais em uma base naval de administração pública. Este estudo ilustra a relevância da previsão de demanda para a eficiência operacional, enfatizando a necessidade de métodos eficazes para garantir a disponibilidade de materiais e insumos, evitando excesso de estoque e custos associados.

O artigo avalia diversos métodos de previsão, como média simples, média móvel simples, média móvel ponderada e amortecimento exponencial. Esta análise fornece entendimento valioso sobre as vantagens e limitações de cada método, fundamentais para entender qual abordagem pode ser mais adequada na indústria de máquinas a laser.

Nota-se também a complexidade e os desafios da previsão de demanda de produção. No entanto, este estudo contribui tanto para a prática industrial quanto para o desenvolvimento teórico na área de logística e produção, enfatizando a importância da previsão de demanda no cerne da gestão logística e produtiva.

3.1 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

No cenário global, a competitividade se tornou uma palavra-chave, seja em setores similares ou distintos. Empresas buscam constantemente atualizar suas práticas para manter a eficiência em produtos e serviços, com o objetivo central de oferecer qualidade. O Planejamento e Controle da Produção (PCP) desempenha um papel crucial neste contexto, visando estabelecer um plano operacional que não apenas orienta, mas também controla o processo produtivo. Este plano é essencial para gerenciar operações e satisfazer continuamente as demandas do mercado.

A previsão de demanda é uma ferramenta vital para o planejamento eficaz. Ela envolve a avaliação de eventos futuros e é crucial em um ambiente marcado por competição global intensa, avanços tecnológicos rápidos e crescentes preocupações ambientais (Ritzman e

Krajewski, 2004). As previsões são fundamentais para as empresas entenderem os recursos necessários ao longo do tempo e planejarem suas atividades. Uma previsão precisa é crucial para planejar e preparar o futuro de maneira eficaz.

Paralelamente, a gestão de estoques é outro aspecto vital para organizações que produzem bens. Segundo Dias (1993), os estoques servem a várias funções: garantem a continuidade entre as etapas de produção, permitem a manutenção de uma produção constante, e fornecem um estoque contra variações imprevistas na demanda. Complementa-se que a gestão eficiente de estoques busca atender às necessidades da empresa com a máxima eficiência e ao menor custo possível.

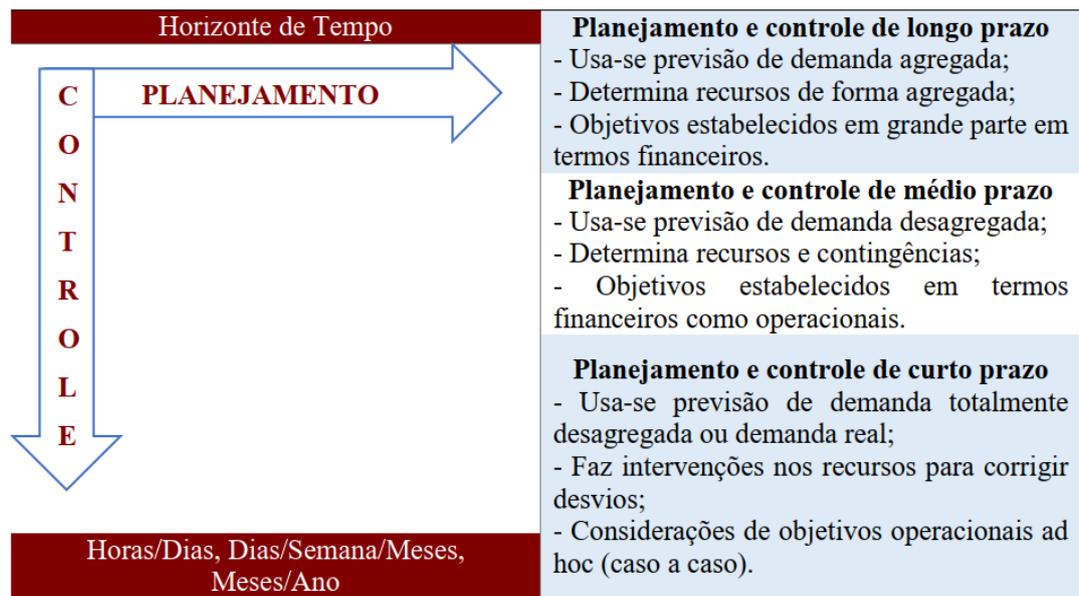
O PCP é um processo decisório que envolve estabelecer metas e procedimentos para alcançá-las. No entanto, como aponta Slack et al. (2009), o planejamento é uma formalização de expectativas, não uma garantia de que os eventos ocorrerão como planejado. O controle, portanto, é crucial para lidar com variações, como mudanças de mercado e objetivos dos clientes, ajustando as operações para atingir os objetivos do plano.

O PCP opera em três níveis hierárquicos: longo, médio e curto prazo. Em longo prazo, é responsável por fornecer informações para decisões sobre a capacidade adequada para atender demandas futuras do mercado (Vollmann e Berry, 2006). Em curto prazo, o foco é implementar um programa de produção que atenda às necessidades imediatas, com a natureza e o tempo para alcançar os objetivos sendo fatores críticos (Slack et al., 2009).

Em suma, é um componente integral da gestão empresarial em um mercado global competitivo. Sua eficácia depende da precisão na previsão de demanda e da gestão eficiente de estoques, além de um controle rigoroso e adaptativo para lidar com as constantes mudanças do mercado e das necessidades dos clientes.

Como é possível observar na Figura 2, Almeida et al. (2022), comenta que para o planejamento e controle de longo prazo, utiliza-se previsão de demanda agregada, determina recursos de forma agregada e mantém os objetivos estabelecidos em grande parte em termos financeiros. Para o caso do planejamento e controle de médio prazo, usa-se previsão de demanda desagregada, determina recursos e contingências e os objetivos estabelecidos são em termos financeiros e operacionais. Por fim, para o planejamento e controle de curto prazo, usa-se previsão de demanda totalmente desagregada ou demanda real, faz intervenções nos recursos para corrigir desvios e realiza considerações de objetivos operacionais caso a caso.

Figura 2 - Equilíbrio entre atividades de planejamento e controle.



Fonte: Almeida et al. (2022).

3.2 PREVISÃO DE DEMANDA

Moran e colaboradores (2016) enfatizam que a previsão é a habilidade de antecipar futuros eventos baseando-se em dados históricos e atuais. Kaur e equipe (2014) ampliam essa definição, descrevendo previsão como o ato de fazer inferências sobre eventos cujos resultados ainda não são conhecidos. Eles ressaltam que risco e incerteza são elementos intrínsecos à previsão e que é recomendável expressar o grau de incerteza associado a cada previsão feita.

Na literatura, os métodos de previsão de demanda são geralmente categorizados em duas principais abordagens: quantitativas e qualitativas, conforme destacado por Caniato, Kalchschmidt e Ronchi (2011). Enquanto os métodos quantitativos se baseiam em modelos matemáticos e dados para fazer projeções, os qualitativos dependem do julgamento e da intuição de especialistas, como apontado por Junior (2007). Chu (1998) observa que, geralmente, os métodos quantitativos são mais eficazes que os qualitativos.

Dentro da abordagem quantitativa, após a coleta de dados para a série temporal em questão, o analista deve escolher um modelo adequado para a previsão (Kalekar, 2004). Esses métodos podem ser divididos em causais e de séries temporais, com os primeiros buscando explicar a demanda como função de outras variáveis, como PIB ou clima, enquanto os últimos

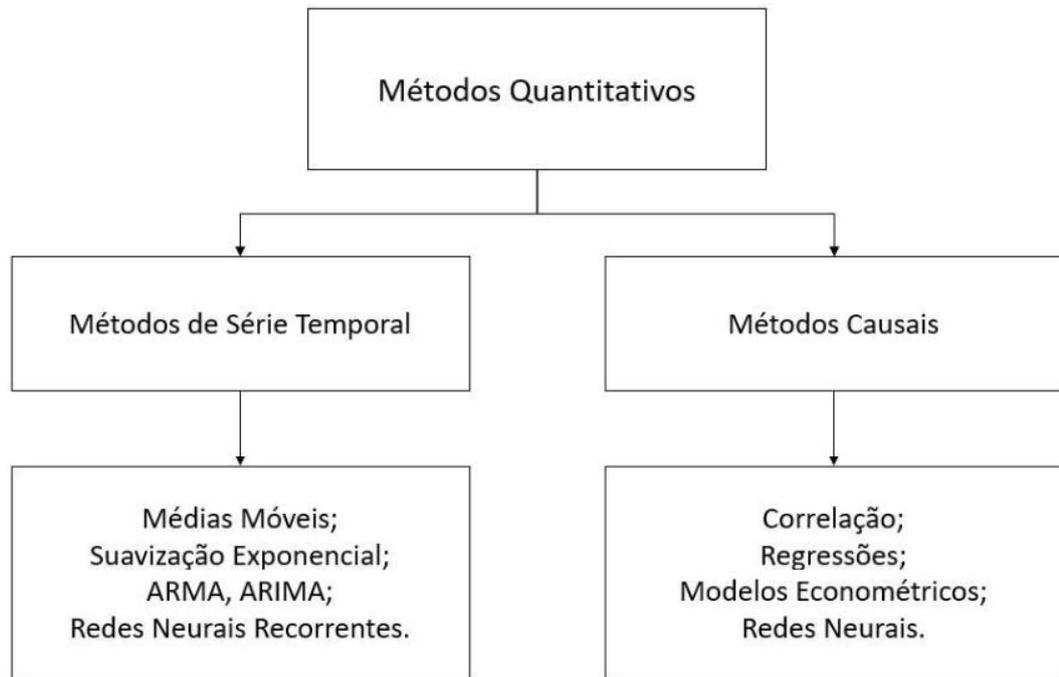
utilizam dados históricos para estimar o futuro (Verruck, Bampi e Milan, 2009). A Figura 3 ilustra alguns dos métodos quantitativos mais comuns.

A escolha do método de previsão não é simples. Browne (2000) argumenta que todo modelo tem suas limitações e que o objetivo não é encontrar um modelo perfeito, mas um que seja uma aproximação razoável da realidade e útil para tomadores de decisão. Complementando, Yang e Chang (2020) afirmam que, apesar do desenvolvimento de novos métodos, nenhum é universalmente o "melhor" em todas as situações.

Fildes (1989) ressalta que, ao prever múltiplas séries temporais, é vantajoso selecionar o modelo mais adequado de um conjunto de alternativas. Ele propõe duas abordagens distintas para a seleção de modelos: a individual, onde cada série é analisada separadamente, e a agregada, onde se escolhe o melhor modelo para a população ou amostra como um todo. Fildes e Petropoulos (2015) observam que, embora a seleção individual possa ser intuitivamente atraente, ela introduz complexidade adicional. Nesse contexto, Kang e outros (2019) sugerem a segmentação para agrupar séries temporais com padrões semelhantes, o que pode melhorar os resultados na seleção agregada, conforme proposto por Maharaj (2000) e Van Wijk e Van Selow (1999).

Além disso, muitas organizações consideram necessário prever itens individuais dentro de uma classificação de família ou grupo (Schwarzkopf, Tersine e Morris, 1988). Widiarta e colaboradores (2009) descrevem duas estratégias gerais para desenvolver previsões para itens individuais: a top-down (TD) e a bottom-up (BU). A estratégia BU prevê itens individualmente, enquanto a TD distribui um total agregado proporcionalmente aos itens ou famílias. Dangerfield e Morris (1992) apontam que a abordagem BU tende a ser mais precisa na maioria das situações.

Figura 3 - Métodos quantitativos mais utilizados na indústria.



Fonte: Mileski Junior (2007, Adaptado).

A previsão de demanda é fundamental na gestão de estoques e no planejamento empresarial, uma vez que se baseia na quantidade de produto que será demandada, conforme destaca Ballou (2009). Essa previsão, segundo Dias (2010), não visa estabelecer metas de vendas, mas sim definir quantidades a serem adquiridas alinhadas à capacidade empresarial. Este entendimento reforça a importância da antecipação de situações para um planejamento estratégico eficaz, visando o melhor atendimento ao consumidor (RUSCHEL; WERNER; LEMOS, 2007).

Ritzman (2004) aponta a previsão da demanda como um desafio, dada a rápida variação em modelos de bens e serviços. Ballou (2001) reforça que projeções de demanda são cruciais para a estrutura geral dos negócios, afetando capacidade e necessidades financeiras. Gonçalves (2013a) complementa, indicando que as previsões não são totalmente precisas, e essa imprecisão aumenta com a extensão do período projetado.

Vitorino (2012) ressalta a dificuldade em projetar estoques devido às oscilações das demandas, tornando quase impossível acertar a previsão exata sem erros de sobra ou falta de produtos. No entanto, Gonçalves (2013a) sugere que a classificação de produtos em grupos e a previsão para períodos menores podem aproximar a previsão da real demanda.

Ballou (2006) enfatiza que as previsões de demanda são utilizadas para estimar volumes de produtos e serviços, enquanto Grant (2012) observa que os espaços físicos de armazenamento também são influenciados pela previsão de demanda. O Tabela 1 apresenta os diferentes tipos de demandas, destacando a importância de identificar em que categoria cada item de estoque se enquadra, conforme Ballou (2001).

Tabela 1 - Tipos de demanda.

Demanda permanente	Necessita de ressurgimento de estoque contínuo e periódico. Cada item do estoque tem uma previsão de quando comprar e quanto cada lote deve ter.
Demanda Sazonal	O ressurgimento é feito em apenas uma vez. São produtos com ciclos muito curtos (da moda), ou ciclo anual de demanda.
Demanda irregular	Produtos com comportamento instável e projeções de venda muito difícil. Quando os tempos de ressurgimento são pouco flexíveis e muito longos necessita-se de uma previsão precisa.
Demanda em declínio	Planejar quando e quanto deve ser estocado as peças de reposição. Prever a demanda das reposições até o final das vendas.
Demanda derivada	Prever quanto e quando produzir através das previsões dos produtos acabados. As quantidades de ressurgimento são calculadas e programadas através da quantidade prevista de produtos acabados.

Fonte: Ballou (2001, Adaptado).

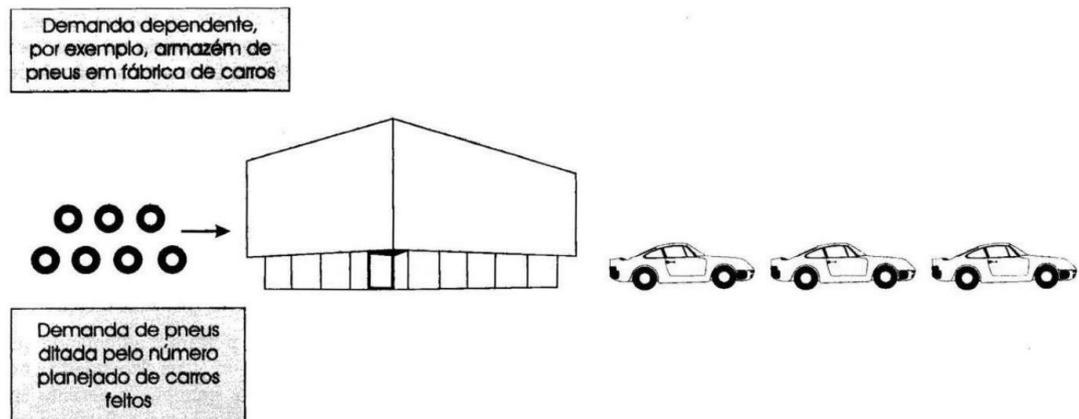
Gonçalves (2013a) também menciona que a previsão de demanda auxilia na escolha do estoque de segurança adequado sem afetar o nível de serviço. Para Consul e Werner (2010), apesar das previsões não serem totalmente corretas devido à sazonalidade e complexidade do mercado, elas são essenciais para que os gestores tomem decisões estratégicas. Vitorino (2012) acrescenta que o planejamento se baseia tanto em históricos de venda para produtos antigos quanto em pesquisas de mercado para novos produtos.

Prever a demanda é uma função indispensável e complexa diante dos cenários de sazonalidades e tendências de mercado. Um estudo preciso da demanda posiciona a empresa de forma competitiva, atendendo o cliente no momento certo e alcançando um alto nível de serviço, como argumentam Bonotto e Fogliatto (2015).

Segundo Slack et al. (1996), a demanda pode ser categorizada de duas formas principais. A primeira é a demanda dependente, que possui dados concretos para prever a direção futura

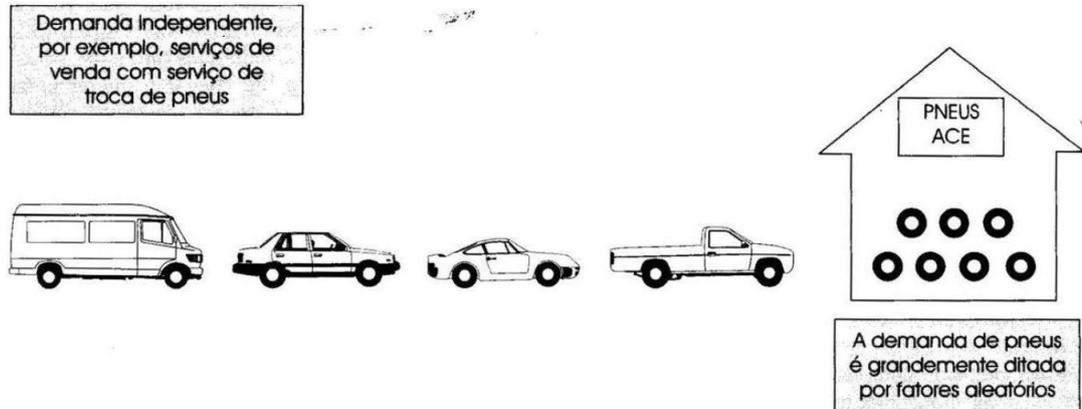
da demanda, como ilustrado na Figura 4. Já a demanda independente, que se baseia em dados passados sujeitos a variações, é representada na Figura 5.

Figura 4 - Demanda dependente.



Fonte: Slack et al. (1996).

Figura 5 - Demanda independente.



Fonte: Slack et al. (1996).

Moura (2004), explica que a demanda independente é influenciada pelas circunstâncias do mercado, enquanto a demanda dependente está relacionada com itens utilizados na produção de um produto final.

3.3 MÉTODOS DE PREVISÃO

Grant (2012) explica a existência de múltiplos modelos para prever demanda, destacando-se principalmente os métodos quantitativos e qualitativos. Os métodos quantitativos se baseiam em dados concretos de vendas anteriores para projetar demandas futuras. Esta abordagem quantitativa utiliza dados históricos e se apoia em fundamentos matemáticos que exploram séries temporais e modelos casuais para estimar a demanda futura, conforme indicado por Ruschel, Werner e Lemos (2007).

Na previsão quantitativa, a demanda pode ser estimada de duas maneiras: (i) por meio de princípios casuais, onde a demanda é impulsionada por previsões de outras empresas e objetivos de produção estabelecidos, ou (ii) por princípios não-casuais, que consideram dados históricos relevantes para determinar a demanda futura, como explicam Consul e Werner (2010). Dias (2010) acrescenta que, enquanto os métodos quantitativos não-casuais necessitam de históricos de vendas, os métodos casuais dependem de fatores como população, renda e PIB, além da influência de tendências e modas nas vendas.

Gonçalves (2013) ressalta que as previsões quantitativas são baseadas em informações existentes e requerem análises matemáticas cuidadosas, pois o consumo futuro pode não seguir os padrões passados. Por outro lado, os métodos qualitativos se concentram nas percepções e intuições de especialistas familiarizados com o mercado, como destaca Consul e Werner (2010). Grant (2012) enfatiza que o método qualitativo utiliza critérios, técnicas comparativas e intuição para estimar a demanda futura.

Dias (2010) complementa que opiniões de gerentes, vendedores e compradores, juntamente com pesquisas de mercado, são essenciais para estabelecer a previsão de demanda qualitativa. Esta abordagem é mais abstrata, baseando-se em perspectivas de consumo futuro sem dados concretos, frequentemente utilizando dados históricos de demandas passadas para produtos similares, descreve Ruschel, Werner e Lemos (2007).

Gonçalves (2013) observa que os métodos qualitativos são particularmente úteis na ausência de dados históricos ou ao projetar novos produtos. Para Ruschel, Werner e Lemos (2007), as organizações buscam aproximar suas previsões da real demanda, integrando métodos quantitativos e qualitativos para obter os melhores resultados. Bonotto e Fogliatto (2015) argumentam que a combinação desses métodos pode otimizar a eficiência e eficácia empresarial, impactando economias, nível de serviço ao cliente e competitividade.

3.3.1 Método do Último Pedido

O método do último pedido, também conhecido como "método de demanda constante" ou "método naïve", é uma técnica simples de previsão de demanda. Conforme descrito por Dias (2010), este método pressupõe que a demanda futura será exatamente a mesma que foi observada no último período. Em outras palavras, ele usa a quantidade de demanda do período mais recente como a previsão para o próximo período.

As características principais do método são:

- **Simplicidade:** Não requer cálculos complexos ou modelos matemáticos. É facilmente compreendido e implementado.
- **Baseado em Dados Históricos:** Utiliza apenas a demanda do último período como base para a previsão.
- **Aplicabilidade:** Melhor utilizado em situações onde a demanda é relativamente estável e não sujeita a grandes variações sazonais ou tendências.

Suas vantagens podem ser consideradas como sendo:

- **Facilidade de Uso:** Devido à sua simplicidade, é fácil de aplicar e entender.
- **Baixo Custo:** Não requer software sofisticado ou análise especializada.
- **Rapidez na Tomada de Decisão:** Por ser um método direto, permite decisões rápidas de reabastecimento e planejamento.

Entretanto, há algumas desvantagens a serem pontuadas também:

- **Falta de Precisão:** Pode não ser eficaz em ambientes de mercado dinâmicos ou quando há tendências claras de crescimento ou declínio nas vendas.
- **Não Considera Variações:** Ignora fatores externos, tendências de mercado, sazonalidades ou quaisquer outras mudanças que possam afetar a demanda futura.
- **Risco de Desalinhamento com a Realidade:** Pode levar a erros significativos de previsão se a demanda do último período não for representativa do futuro.

O método do último pedido é mais adequado para itens com demanda estável e previsível, sem grandes flutuações ou padrões sazonais. É comumente usado em pequenas empresas ou em situações onde a complexidade e os custos de métodos mais sofisticados não se justificam. No entanto, para ambientes de negócios mais voláteis ou para produtos com padrões de demanda complexos, métodos de previsão mais avançados são geralmente recomendados.

3.3.2 Método da Média Móvel

O método da média móvel, como explicado por Dias (2010), é uma técnica de previsão de demanda que calcula a média de consumo com base em um número definido de períodos anteriores. Este método é representado pela Equação 1, onde CM é o consumo médio, C representa o consumo nos períodos anteriores, e n é o número de períodos considerados.

$$CM = \frac{C_1 + C_2 + C_3 \cdots C_n}{n} \quad (1)$$

As características principais do método são:

- Baseado em Dados Históricos: Calcula a média com base em períodos anteriores.
- Flexibilidade de Período: Permite escolher o número de períodos (n) para calcular a média. Não se recomenda períodos muito longos ou curtos; a escolha deve se adaptar às necessidades da empresa.
- Atualização Contínua: Com a adição de cada novo mês, o mês mais antigo no cálculo da média é descartado.

Suas vantagens podem ser consideradas como sendo:

- Simplicidade: Fácil de entender e aplicar.
- Adaptabilidade: Pode ser ajustado para diferentes períodos de tempo, conforme a necessidade da empresa.
- Utilidade em Curto Prazo: Eficiente para previsões de curto prazo, especialmente em casos sem sazonalidade.

Por fim, suas desvantagens:

- **Atraso em Tendências:** Pode não captar rapidamente as mudanças ou tendências do mercado, pois se baseia em dados passados.
- **Sensibilidade ao Tamanho do Período:** A escolha do número de períodos (n) pode afetar significativamente a previsão.
- **Ineficácia em Sazonalidades:** Não é ideal para produtos com padrões de demanda sazonais ou para previsões de longo prazo.

Este método é comumente utilizado em situações onde o padrão de demanda é relativamente constante e não sujeito a flutuações abruptas ou sazonais. É particularmente útil para pequenas e médias empresas ou em situações onde os padrões de demanda são estáveis e previsíveis. No entanto, para produtos com demanda volátil ou com padrões de vendas sazonais, outros métodos de previsão podem ser mais apropriados.

De acordo com Jesus, Silva e Girade (2016), a simplicidade do método da média móvel e a ausência de necessidade de extensos dados históricos o tornam uma opção popular para previsões de curto prazo em contextos sem sazonalidade. Gonçalves (2013a) ressalta que o consumo, segundo este modelo, tende a seguir uma média relativa ao período definido, proporcionando uma base consistente para a tomada de decisões de reabastecimento e planejamento.

3.3.3 Método da Média Móvel Ponderada

O método da média móvel ponderada, representado pela Equação 2 (onde \bar{X}_t é a previsão de consumo e C_i é o peso dado ao i-ésimo valor), como descrito por Gonçalves (2013), é uma técnica avançada de previsão de demanda que atribui diferentes pesos ou importâncias aos períodos anteriores, com base em sua relevância para a previsão da demanda futura. Dias (2010) esclarece que a soma dos fatores de importância deve totalizar 100%, e os períodos mais recentes geralmente recebem um peso maior em comparação aos mais antigos. Este método ajusta a média móvel para dar mais relevância aos dados mais recentes, refletindo mudanças mais atuais no comportamento da demanda.

$$\bar{X}_t = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (2)$$

As características principais do método:

- Pesos Diferenciados: Aloca maior importância aos períodos recentes na previsão de demanda.
- Flexibilidade: Permite ajustar os pesos conforme a relevância dos períodos para a empresa.
- Equação Específica: Utiliza uma fórmula matemática para calcular a demanda futura com base nos pesos atribuídos a cada período.

Suas vantagens são:

- Adaptabilidade a Tendências: Eficiente para empresas que lidam com tendências de mercado, pois valoriza mais os dados recentes.
- Flexibilidade de Ponderação: Permite que a empresa ajuste os pesos conforme as necessidades específicas e o comportamento do mercado.
- Precisão Aprimorada: Tende a fornecer previsões mais precisas ao considerar as variações mais recentes na demanda.

Suas desvantagens são:

- Complexidade: Mais complexo que o método simples da média móvel, exigindo cálculos mais detalhados.
- Sensibilidade aos Pesos: A escolha dos pesos pode afetar significativamente a precisão da previsão.
- Possibilidade de Sobre-Reação: Pode reagir exageradamente a flutuações de curto prazo se os períodos recentes forem excessivamente ponderados.

Este método é particularmente útil para produtos ou serviços sujeitos a tendências rápidas ou mudanças de mercado. Empresas que lidam com produtos de moda ou tecnologia,

por exemplo, podem se beneficiar deste método, pois ele permite ajustar rapidamente as previsões de demanda com base nas últimas tendências de consumo.

Jesus, Silva e Girade (2016) destacam as vantagens do método da média móvel ponderada para empresas focadas em tendências, enfatizando que os valores mais recentes dos produtos tendem a ter maior impacto na previsão. Isso permite que as empresas utilizem efetivamente os dados mais recentes para prever a demanda futura, ajustando-se de maneira mais ágil às mudanças do mercado.

3.3.4 Método da Média com Ponderação ou Aritmética

O método da média com ponderação ou aritmética, conforme delineado por Dias (2010), é uma técnica de previsão de demanda que enfatiza dados mais recentes e leva em consideração as mudanças de tendência no mercado. Este método utiliza uma abordagem ponderada para calcular a média, dando pesos diferenciados aos dados mais recentes em comparação com os mais antigos. A Equação 3 descreve o método, sendo que α é a constante de amortecimento com intervalo sendo entre 0 a 1, frequentemente são atribuídos os valores de 0,3 e 0,1, X_T é a quantidade do período anterior e $\overline{X_{T-1}}$ é a quantidade de dois períodos atrás.

$$\overline{X_T} = \overline{X_{T-1}} + \alpha(X_T - \overline{X_{T-1}}) \quad (3)$$

As principais características do método podem ser pontuadas como:

- Ênfase em Dados Recentes: Dá mais importância aos dados mais recentes para refletir as tendências atuais do mercado.
- Uso de Ponderação Aritmética: Aplica pesos diferenciados aos períodos, com maior peso atribuído aos períodos mais recentes.
- Equação Específica: Emprega uma fórmula matemática específica que não foi detalhada no texto original, mas que geralmente envolve a soma dos produtos dos valores de demanda pelos seus respectivos pesos, dividida pela soma dos pesos.

As vantagens do método em questão são:

- Adaptabilidade a Tendências de Mercado: Eficiente para acompanhar as mudanças recentes e refletir tendências emergentes.
- Flexibilidade de Ponderação: Permite ajustar os pesos dos períodos de acordo com as necessidades e características específicas do mercado.
- Precisão Aprimorada: Pode oferecer previsões mais precisas ao considerar as variações recentes na demanda.

Suas desvantagens por sua vez:

- Complexidade de Cálculo: Mais complexo do que o método de média móvel simples devido à ponderação aritmética.
- Determinação dos Pesos: A precisão do método depende da escolha adequada dos pesos para os diferentes períodos.
- Sensibilidade a Flutuações Recentes: Pode ser excessivamente influenciado por variações atípicas ou anômalas de curto prazo.

Este método é ideal para situações em que as tendências do mercado são um fator importante nas decisões de estoque e planejamento. É particularmente útil em setores onde as mudanças de preferência dos consumidores ou condições de mercado são rápidas e frequentes, como na moda, tecnologia e eletrônicos. A capacidade de ajustar rapidamente as previsões com base em informações recentes torna este método valioso para empresas que operam em ambientes dinâmicos.

3.3.5 Método de *Holt-Winters*

O método de Holt-Winters, como detalhado por Samohyl, Rocha e Mattos (2001), é amplamente reconhecido como eficaz para dados que exibem tendências e sazonalidades. Este método é particularmente útil quando a sazonalidade torna impraticável a utilização de métodos mais simples de previsão.

As características do Método Holt-Winters podem ser pontuadas com:

- Adequação para Tendências e Sazonalidades: Ideal para dados que apresentam essas características, ajustando-se às variações ao longo do tempo.

- Dois Modelos Diferentes:
 - Modelo Aditivo: Usado quando a sazonalidade é constante ao longo do tempo.
 - Modelo Multiplicativo: Aplicado quando a sazonalidade varia e aumenta com o tempo.

Albuquerque e Serra (2006) destacam a facilidade de entendimento e aplicação do método de Holt-Winters, tornando-o uma escolha popular para dados com características sazonais e tendências. A escolha entre os modelos aditivo e multiplicativo depende da natureza da sazonalidade nos dados.

Suas vantagens são:

- Eficiência em Dados Sazonais e com Tendência: Capacidade de ajustar-se a padrões complexos de demanda.
- Flexibilidade: Oferece opções para diferentes tipos de padrões sazonais.
- Precisão Aumentada: Proporciona previsões confiáveis para séries temporais com padrões claros.

Possui as seguintes desvantagens:

- Complexidade: Mais complexo que métodos simples de média móvel ou média ponderada.
- Escolha do Modelo: Determinar se deve usar o modelo aditivo ou multiplicativo pode ser desafiador.
- Sensibilidade a Parâmetros: Requer ajuste cuidadoso dos parâmetros para otimizar a precisão.

O método de Holt-Winters é ideal para previsões em setores onde as vendas são fortemente influenciadas por fatores sazonais, como varejo, turismo e agricultura. A capacidade de adaptar previsões a padrões sazonais regulares e mudanças de tendência o torna valioso para planejamento e gestão de estoques em ambientes dinâmicos.

Conforme apresentado no Tabela 2, a escolha entre os modelos aditivo e multiplicativo no método de Holt-Winters depende das características específicas dos dados analisados,

permitindo uma abordagem personalizada para a previsão de demanda em diferentes contextos comerciais e industriais.

Tabela 2 - Equações básicas para os modelos de Holt-Winters.

Método Holt-Winters	
<i>Holt-Winter Aditivo</i>	
Nível	$L = \alpha(Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + B_{t-1}) \quad (4)$
Tendência	$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (5)$
Sazonalidade	$S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (6)$
Previsão	$F_{t+m} = (L_t + b_{t-m})S_{t-s+m} \quad (7)$
<i>Holt-Winters Multiplicativo</i>	
Nível	$L = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + B_{t-1}) \quad (8)$
Tendência	$b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (9)$
Sazonalidade	$S_t = \gamma \left(\frac{Y_t}{L_t} \right) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (10)$
Previsão	$F_{t+m} = (L_t + b_{t-m})S_{t-s+m} \quad (11)$

Fonte: Albuquerque e Serra (2006, Adaptado).

onde: L_t é o nível da série, S é o comprimento da sazonalidade, b_t é a tendência, S_t é o componente sazonal, F_{t+m} é a previsão para o período “m” e Y_t é o valor observado.

3.4 GESTÃO DE ESTOQUE

Slack et al. (1999) definem estoques como materiais acumulados em locais de armazenamento para uso ou venda futuros. Estes incluem desde produtos acabados à espera de venda ou despacho até matérias-primas e componentes aguardando uso na produção, uma visão compartilhada por Moreira (1993). Pereira et al. (2015) destacam que os estoques equilibram o nível de serviço com os custos, considerando os custos de aquisição, armazenagem, pedido e falta.

Chopra e Meindl (2011) salientam que os estoques são essenciais para atender à demanda futura, que é muitas vezes incerta devido à descoincidência entre oferta e demanda.

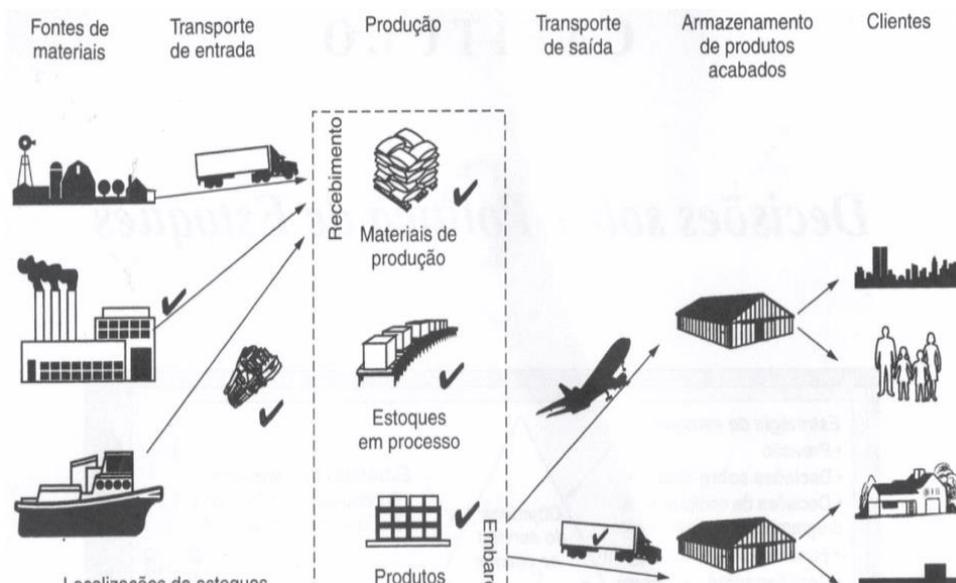
Por outro lado, os estoques também ajudam a reduzir custos, pois a compra de lotes maiores pode diminuir o custo unitário. Chiavenato (2008) aponta que os estoques servem para amortecer atrasos no fornecimento, absorver impactos da sazonalidade e aproveitar economias de escala em compras.

No ambiente empresarial, os estoques funcionam como um "pulmão" entre oferta e demanda, assegurando que as quantidades demandadas acima do previsto sejam disponibilizadas ao cliente. Ballou (2009) e Simchi-Levi (2010) concordam que, embora a gestão de estoques seja desafiadora e envolva riscos, ela é crucial para manter a vantagem competitiva e responder a mudanças inesperadas na demanda ou nos tempos de ressuprimento.

Ching (2010) e Pereira et al. (2015) enfatizam a importância da organização e controle dos estoques para determinar a necessidade de novas aquisições ou replanejamento. Estoques bem geridos oferecem vantagens competitivas, mas, se mal controlados, podem causar prejuízos, pois representam capital imobilizado gerando apenas despesas de manutenção.

Conforme ilustrado na Figura 6, os estoques compõem uma parte significativa do valor no canal de suprimento, destacando a importância de uma gestão eficiente para evitar altos custos de investimento, manutenção e riscos associados (Ballou, 2006). Gonçalves (2013) adverte sobre os custos elevados de manter estoques excessivos.

Figura 6 - Localização dos estoques em todos os níveis do canal de suprimentos.



Fonte: Ballou (2006).

A gestão eficaz de estoques é essencial, segundo Gonçalves (2013a), para assegurar o desempenho adequado da organização, oferecendo benefícios em termos de custos e

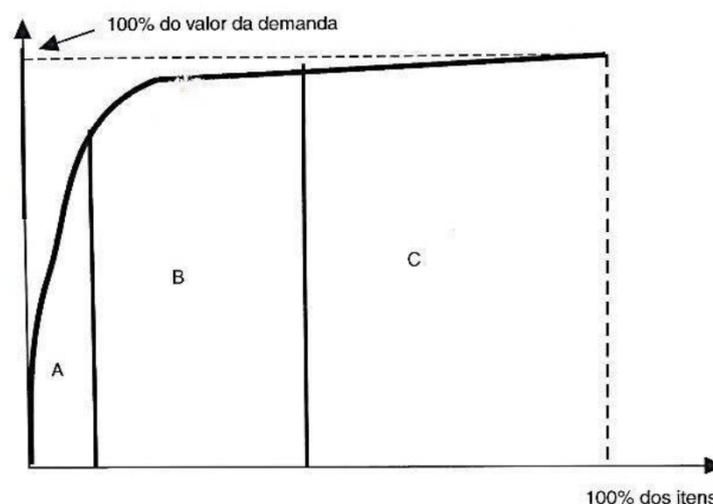
investimentos. Chopra e Meindl (2011) e Alcure (1973) concordam que os estoques, apesar dos riscos de obsolescência, deterioração e extravio, são fundamentais para amortecer as incertezas do mercado, reduzindo custos de aquisições e falta de produtos. Russo (2013) reforça que a gestão de estoques visa atender à demanda de maneira exata e eficiente, maximizando a aplicação de recursos financeiros.

3.5 MÉTODO ABC

A técnica da curva ABC é um método eficaz para identificar e classificar os produtos mais relevantes em um estoque, enfatizando aqueles que requerem mais atenção. Essa abordagem reconhece que, frequentemente, uma pequena porcentagem dos itens (aproximadamente 20%) representa uma grande parcela (cerca de 80%) do valor total investido no estoque, uma observação apontada por Ching (2010).

O método de Pareto, utilizado no contexto da curva ABC, visa detectar materiais que, apesar de representarem uma pequena quantidade (volume), exigem altos investimentos. Este princípio é ilustrado pelo gráfico na Figura 7, conforme destacado por Gonçalves (2013). Ele permite um gerenciamento mais detalhado dos produtos da categoria A, que são itens de alto valor.

Figura 7 - Curva ABC.



Fonte: Gonçalves (2013).

Moreira (1993) descreve os passos para a classificação ABC: (i) calcular o investimento de cada item; (ii) ordenar os itens do maior para o menor investimento; (iii) calcular e acumular

as porcentagens que cada item representa no investimento total; e (iv) dividir os itens em classes A, B e C de maneira tentativa.

Segundo Moura (2004), nos estoques de uma empresa, alguns produtos exigem maior atenção devido à sua importância relativa ao investimento. A classificação ABC, exemplificada na Tabela 3, ajuda a identificar esses produtos cruciais para a gestão financeira dos estoques.

Tabela 3 - Classificação ABC.

Classe "A"	Materiais de grandes valores financeiros e pequenas quantidades físicas
Classe "B"	Materiais cujos valores financeiros e quantidades físicas se inserem numa categoria intermediária entre "A" e "C".
Classe "C"	Materiais de pequenos valores financeiros e grandes quantidades físicas

Fonte: Moura (2004, Adaptado).

Existem três categorias distintas na classificação ABC, resultantes da multiplicação da quantidade vendida de cada produto pelo seu valor de aquisição. O grupo A inclui poucos produtos, mas com alto valor investido, exigindo precisão nas previsões. Por outro lado, o grupo C abrange uma grande quantidade de produtos com menor valor investido, permitindo maior flexibilidade e estoques elevados devido a custos baixos. O grupo B engloba itens intermediários, não necessitando da mesma precisão dos produtos da categoria A, conforme descrito por Alcure (1973).

Rodrigues (2007) acrescenta que os produtos classificados como "A" devem ter o menor nível possível de estoques, enquanto para os itens "B" é recomendado manter um estoque médio de reservas. Os produtos "C", por sua vez, podem apresentar margens de segurança mais amplas no estoque.

A avaliação cuidadosa de cada item de consumo é crucial para efetuar corretamente a separação das classes. Gonçalves (2013) adverte que os volumes de consumo registrados podem não refletir a realidade, pois alguns itens podem apresentar baixa saída devido à falta temporária do produto, distorcendo a percepção de sua importância.

4 METODOLOGIA

No âmbito do estudo em questão, a análise estatística será fundamentada com base em uma planilha detalhada do Excel, que por sua vez, contém uma variedade de informações sobre a demanda dos componentes produzidos pela máquina laser (Figura 8). Essas informações incluem, sem se limitar a, quantidades demandadas semanalmente, tempo necessário para fabricação de cada peça, e detalhes sobre a embalagem requerida. O foco primário do estudo é a linearização da distribuição da demanda prevista. Essa abordagem visa otimizar o tempo, recursos humanos e financeiros, além de possibilitar uma análise comparativa efetiva entre o método tradicional de distribuição de demanda e um método mais refinado e tratado.

Figura 8 - Desenho renderizado da máquina a laser utilizada.



Fonte: AGCO (2023).

Para aprofundar a análise, será empregada a metodologia de classificação ABC. Este método, reconhecido por categorizar itens conforme sua importância e impacto na produção, é crucial para decifrar a distribuição da demanda e identificar os componentes mais críticos no processo de fabricação. Através dessa metodologia, itens com alto e médio impacto no faturamento da empresa serão meticulosamente classificados como A e B, respectivamente. Esta classificação não apenas enfatiza os componentes de maior impacto no faturamento, mas também auxilia na priorização de esforços de produção e na gestão estratégica de estoque.

A análise cobrirá um período significativo de duas semanas, especificamente de 25 de setembro a 6 de outubro de 2023. Esta janela foi selecionada devido à relevância dos dados disponíveis e ao tempo limitado para a implementação e adaptação da ferramenta de Excel. Este período oferece uma amostra representativa que é suficientemente abrangente para ilustrar tendências e padrões, enquanto permanece gerenciável para uma análise detalhada.

4.1 ANÁLISE DA DEMANDA

Atualmente, as informações são extraídas manualmente de uma planilha secundária, com dados provenientes do sistema interno da empresa, ao que diz respeito à máquina laser. Este banco de dados possui uma alta relevância para o estudo em questão, pelo fato de incluir dados de quantidades de produtos vendidos, datas agendadas para produção, data prevista para finalização da produção (considerando o *lead-time* de cada produto), estoque, classificação ABC, entre outros.

A metodologia empregada neste estudo também envolveu um processo de priorização para lidar com a demanda de produção. Inicialmente, foi priorizado os itens classificados como 'A', seguindo com aqueles classificados como 'B' e, por fim, os itens 'C' (Tabela 4). Essa abordagem estratificada permitiu uma gestão mais eficaz da demanda, garantindo que os recursos fossem alocados de maneira otimizada. Importante destacar que essa classificação foi realizada pela própria empresa, em conformidade com suas diretrizes e metodologias internas. Esse processo de priorização alinha-se com a abordagem metodológica geral do trabalho, que inclui pesquisa bibliográfica, análise de dados históricos e testes práticos com a ferramenta adaptada, visando a obtenção de uma ferramenta robusta e adaptada para prever a demanda de produção, contribuindo significativamente para a eficiência operacional na AGCO.

Tabela 4 - Classificação ABC dos itens produzidos.

Código	Descrição	Class. ABC	Custo	Demanda	Multiplicação
ACW0935510	LATERAL DA GARRA SOLDADA	A	R\$ 35,98	62800	R\$ 2.259.851,72
ACW0935460	CHAPA LATERAL TORRE	A	R\$ 31,04	62816	R\$ 1.949.733,26
ACW1335980	CHAPA CENTRAL CHASSI	A	R\$ 1.377,41	2266	R\$ 3.121.211,06
ACW093547A	CHAPA APOIO MOLA	B	R\$ 27,14	31444	R\$ 853.409,03
7043092M1	FIXADOR SUPORTE	B	R\$ 55,98	25047	R\$ 1.402.218,72

Tabela 4 (Continuação) - Classificação ABC dos itens produzidos.

ACW130418 0	CHAPA LATERAL GARRA	B	R\$ 38,10	2567 4	R\$ 978.074,14
ACW912610 0	CHAPA COBERTURA LATERAL	B	R\$ 202,27	1400	R\$ 283.179,68
ACW133596 0	CHAPA LATERAL CHASSI	B	R\$ 438,61	2189	R\$ 960.117,29
ACW133603 0	CHAPA INTERMEDIARIA EXTERNA	B	R\$ 494,61	1287	R\$ 636.563,07
ACW133599 0	CHAPA CENTRAL CHASSI	B	R\$ 1.052,02	440	R\$ 462.888,80
57072403	LATERAL ESQUERDA	B	R\$ 47,74	3136 0	R\$ 1.497.126,40
57072404	LATERAL DIREITA	B	R\$ 44,86	3136 0	R\$ 1.406.809,60
ACW912607 0	CHAPA COBERTURA LATERAL	B	R\$ 198,21	1392	R\$ 275.909,02
ACW133602 0	CHAPA INTERMEDIARIA INTERNA	B	R\$ 1.218,96	451	R\$ 549.750,96
ACW184629 0	CHAPA SUPORTE TORRE	C	R\$ 9,34	3144 0	R\$ 293.548,99
7043564M1	LIGACAO TORRE	C	R\$ 7,56	1250 6	R\$ 94.487,83
ACW075412 0	TAMPA TORRE	C	R\$ 2,42	1260 0	R\$ 30.553,74
36020505	CHAPA MENOR TRANSMISSAO COMP	C	R\$ 29,38	354	R\$ 10.398,93
36020504	CHAPA MAIOR TRANSMISSAO COMP	C	R\$ 36,37	618	R\$ 22.473,63
37020602	FIXADOR DO GUARDA CORPO	C	R\$ 14,88	280	R\$ 4.167,16
37020203	CHAPA DIANTEIRA TRANSM. COMP	C	R\$ 104,19	270	R\$ 28.130,81
37020801	CH REFORCO TRANS COMP PTG	C	R\$ 80,68	272	R\$ 21.944,96
7043546M1	LATERAL ENGATE MOLA	C	R\$ 3,84	8775 0	R\$ 337.126,73
ACW133373 0	CHAPA TRANSMISSAO CHASSI	C	R\$ 47,04	1890	R\$ 88.913,92
ACW139224 0	CHAPA MENOR TRANSMISSAO CHASSI	C	R\$ 32,13	486	R\$ 15.616,74
7043094M1	APOIO MOLA	C	R\$ 20,54	1225 0	R\$ 251.600,30
24020107	ARTICULADOR TRASEIRO	C	R\$ 3,63	4890 0	R\$ 177.643,92
36021101	CH LATERAL CHASSI PHC 745	C	R\$ 436,76	627	R\$ 273.851,47
ACW133597 0	CHAPA LATERAL CHASSI	C	R\$ 646,40	16	R\$ 10.342,40
ACW149084 0	CHAPA INTERMEDIARIA EXTERNA	C	R\$ 576,14	440	R\$ 253.501,60
ACW912612 A	CHAPA COBERTURA LATERAL	C	R\$ 138,00	1372	R\$ 189.342,45
36021102	CH CENTRAL CHASSI COMPC PTG 7	C	R\$ 569,81	627	R\$ 357.270,87
8140103	FECHAMENTO ESTRUTURA LINHA	C	R\$ 6,37	1476 0	R\$ 94.021,20
ACW228101 B	CHAPA COBERTURA LATERAL	C	R\$ 61,04	1400	R\$ 85.456,28
ACW228103 B	CHAPA ARTICULACAO ASA	C	R\$ 15,58	2842	R\$ 44.269,55

Tabela 4 (Continuação) - Classificação ABC dos itens produzidos.

ACW133600 0	CHAPA CENTRAL CHASSI	C	R\$ 561,45	16	R\$	8.983,20	
ACW133601 0	CHAPA INTERMEDIARIA INTERNA	C	R\$ 493,44	814	R\$	401.660,16	
ACW228099 B	CHAPA ENGATE TIRANTE	C	R\$ 112,88	1400	R\$	158.031,72	
36020302	TRAVESSA FIXACAO CILINDRO	C	R\$ 143,73	624	R\$	89.687,52	
23020601	TRAVESSA MENOR FIXACAO CILR	C	R\$ 167,08	12	R\$	2.004,96	
36020301	ENGATE CILINDRO	C	R\$ 30,87	620	R\$	19.139,40	
32070102	CALCO ESTRUT LH DISC CORTE 03	C	R\$ 16,42	1499 4	R\$	246.201,48	
23020602	ENGATE MENOR CILINDRO HY- TECH	C	R\$ 44,60	18	R\$	802,80	
20021401	TRAVES FIXACAO CIL HT-05	C	R\$ 99,75	2710	R\$	270.322,50	
ACW133604 0	CHAPA INTERMEDIARIA EXTERNA	C	R\$	1.211,71	22	R\$	26.657,62
ACW283180 0	FIXADOR TIRANTE 60FT	C	R\$ 768,53	392	R\$	301.262,11	

Fonte: Autoria própria (2023).

4.1.1 Demanda Original

A partir da coleta de dados, é realizada a seleção dos componentes que serão fabricados pela máquina a laser. Este processo envolve filtrar e organizar as informações relevantes para preenchimento da planilha de controle específica do equipamento. Em seguida, os dados são separados para o intervalo semanal especificado, procedimento este que inclui o preenchimento das colunas da Demanda Original, onde são detalhadas as quantidades necessárias de cada componente, distribuídas pelos dias da semana analisados, conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Distribuição de quantidade a ser produzida de acordo com a demanda original.

Demanda Original										
Descrição	02/out	03/out	04/out	05/out	06/out	25/set	26/set	27/set	28/set	29/set
CHAPA SUPORTE TORRE	180	120	120	150	210	0	0	0	0	0
LIGACAO TORRE	0	0	74	74	74	0	0	0	0	0
TAMPA TORRE	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0
CHAPA MENOR TRANSMISSAO COMP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
CHAPA MAIOR TRANSMISSAO COMP	0	0	0	0	12	0	0	12	0	0
FIXADOR DO GUARDA CORPO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHAPA DIANTEIRA TRANSM. COMP	0	0	0	0	15	0	0	0	0	0
CH REFORCO TRANS COMP PTG	0	0	0	0	4	0	0	0	4	0
CHAPA DIANTEIRA REFORCO COMP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH LATERAL CHASSI PHC 545	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LATERAL ENGATE MOLA	450	300	450	450	600	0	0	0	0	0
CHAPA APOIO MOLA	168	112	126	140	210	0	0	0	0	0

Tabela 5 (Continuação) - Distribuição de quantidade a ser produzida de acordo com a demanda original.

CHAPA COBERTURA LATERAL	20	0	0	0	20	0	0	0	0	0
CHAPA ARTICULACAO ASA	0	112	0	0	0	0	0	0	0	0
CHAPA CENTRAL CHASSI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHAPA LATERAL CHASSI	11	11	11	11	11	11	22	11	11	11
CHAPA INTERMEDIARIA EXTERNA	11	0	11	11	11	0	0	0	0	0
CHAPA INTERMEDIARIA INTERNA	0	0	11	0	0	0	0	0	0	11
CHAPA ENGATE TIRANTE	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0
CHAPA CENTRAL CHASSI	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0
LATERAL ESQUERDA	154	126	112	126	238	0	0	0	0	0
LATERAL DIREITA	154	126	112	126	238	0	0	0	0	0
CHAPA COBERTURA LATERAL	12	0	12	0	12	0	0	0	12	0
TRAVESSA FIXACAO CILINDRO	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0
CH CENTRAL CHASSI COMPAC PTG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRAVESSA MENOR FIXACAO CILR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENGATE CILINDRO COMPACTA 5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENGATE CILINDRO	0	10	0	0	0	0	0	10	0	0
CALCO ESTRUT LH DISC CORTE 03	272	0	0	0	272	0	0	0	0	0

Tabela 5 (Continuação) - Distribuição de quantidade a ser produzida de acordo com a demanda original.

TRAV FIXACAO CIL COMP11000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENGATE MENOR CILINDRO HY- TECH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRAVES FIXACAO CIL HT- 05	10	10	10	20	10	0	0	0	0	20
CHAPA CENTRAL CHASSI	11	11	11	22	11	0	0	11	11	11
CHAPA INTERMEDIARIA EXTERNA	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CHAPA INTERMEDIARIA INTERNA	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0
FIXADOR TIRANTE 60FT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENGATE CILINDRO COMPACTA 11000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2023).

Tabela 6 - Estimativa de tempo para produção das peças.

Peça:	Descrição:	TC (min)
ACW1846290	CHAPA SUPORTE TORRE	0,07
7043564M1	LIGACAO TORRE	0,09
ACW0754120	TAMPA TORRE	0,04
36020505	CHAPA MENOR TRANSMISSAO COMP	0,22
36020504	CHAPA MAIOR TRANSMISSAO COMP	0,28
37020602	FIXADOR DO GUARDA CORPO	0,13
37020203	CHAPA DIANTEIRA TRANSM. COMP	0,45
37020801	CH REFORCO TRANS COMP PTG	0,34
55020101	CHAPA DIANTEIRA REFORCO COMP	0,38
35020901	CH LATERAL CHASSI PHC 545	1,56
7043546M1	LATERAL ENGATE MOLA	0,05
ACW093547A	CHAPA APOIO MOLA	0,17

Tabela 6 (Continuação) - Estimativa de tempo para produção das peças.

ACW1333730	CHAPA TRANSMISSAO CHASSI	0,28
ACW1392240	CHAPA MENOR TRANSMISSAO CHASSI	0,25
7043094M1	APOIO MOLA	0,17
24020107	ARTICULADOR TRASEIRO	0,06
36021101	CH LATERAL CHASSI PHC 745	2,04
35020902	CH CENTRAL CHASSI COMPC PTG	1,62
ACW0935510	LATERAL DA GARRA SOLDADA	0,47
ACW0935460	CHAPA LATERAL TORRE	0,41
ACW1335970	CHAPA LATERAL CHASSI	2,31
ACW1490840	CHAPA INTERMEDIARIA EXTERNA	1,31
7043092M1	FIXADOR SUPORTE	0,54
ACW1304180	CHAPA LATERAL GARRA	0,40
ACW9126100	CHAPA COBERTURA LATERAL	1,19
ACW912612A	CHAPA COBERTURA LATERAL	0,79
36021102	CH CENTRAL CHASSI COMPC PTG 7	2,35
8140103	FECHAMENTO ESTRUTURA LINHA	0,16
35020202	TRAVES DE FIX CIL COMP 5000	0,51
ACW228101B	CHAPA COBERTURA LATERAL	0,39
ACW228103B	CHAPA ARTICULACAO ASA	0,20
ACW1336000	CHAPA CENTRAL CHASSI	2,99
ACW1335960	CHAPA LATERAL CHASSI	3,38
ACW1336030	CHAPA INTERMEDIARIA EXTERNA	2,26
ACW1336010	CHAPA INTERMEDIARIA INTERNA	2,11
ACW228099B	CHAPA ENGATE TIRANTE	1,06
ACW1335990	CHAPA CENTRAL CHASSI	5,24
57072403	LATERAL ESQUERDA	0,60
57072404	LATERAL DIREITA	0,54
ACW9126070	CHAPA COBERTURA LATERAL	1,50
36020302	TRAVESSA FIXACAO CILINDRO	0,99
55020701	CH CENTRAL CHASSI COMPAC PTG	4,26
23020601	TRAVESSA MENOR FIXACAO CILR	1,03

Tabela 6 (Continuação) - Estimativa de tempo para produção das peças.

35020201	ENGATE CILINDRO COMPACTA 5000	0,41
36020301	ENGATE CILINDRO	0,53
32070102	CALCO ESTRUT LH DISC CORTE 03	0,26
55020501	TRAV FIXACAO CIL COMP11000	1,15
23020602	ENGATE MENOR CILINDRO HY-TECH	0,65
20021401	TRAVES FIXACAO CIL HT-05	1,28
ACW1335980	CHAPA CENTRAL CHASSI	6,54
ACW1336040	CHAPA INTERMEDIARIA EXTERNA	4,47
ACW1336020	CHAPA INTERMEDIARIA INTERNA	4,78
ACW2831800	FIXADOR TIRANTE 60FT	3,86
55020502A	ENGATE CILINDRO COMPACTA 11000	0,61

Fonte: Autoria própria (2023).

Na metodologia empregada, uma etapa chave envolve a utilização da multiplicação matricial para calcular a demanda de horas de trabalho diárias. Esse cálculo é realizado pela multiplicação da quantidade de cada componente a ser fabricado pela máquina a laser. No caso da demanda original, calculou-se através da multiplicação da Tabela 5 pela Tabela 6, podendo os resultados serem encontrados na Tabela 7.

Tabela 7 - Demanda de horas (em minutos) de trabalho diárias de acordo com a demanda original.

02/out	03/out	04/out	05/out	06/out	25/set	26/set	27/set	28/set	29/set
968	859	956	799	1123	37	74	118	205	208

Fonte: Autoria própria (2023).

A Tabela 7 é codificada com um sistema de cores intuitivo, que representa a quantidade de turnos necessários para atender a demanda de produção diária. Baseando-se em um turno padrão de 8 horas, a tabela segue uma lógica clara, representada pela Tabela 8.

Tabela 8 - Divisão da quantidade de turnos de trabalho pelas horas demandadas.

Legenda	Tempo (min)
Acima de 3 Turnos	≥ 1200
Atendido com 3 Turnos	≥ 900
Atendido com 2 Turnos	≥ 475
Atendido com 1 Turno	< 475

Fonte: Autoria própria (2023).

Sendo assim, para turnos inferiores a 475 minutos (aproximadamente 8 horas) não há preenchimento da cor da célula. Para demandas que resultam em mais de 475 minutos, são alocados dois turnos de trabalho e a célula é representada na planilha pela coloração verde. Demandas que ultrapassem os 900 minutos (aproximadamente 15 horas) possuem representação na cor vermelha. Entretanto, um ponto crítico a ser observado é que para demandas de 1200 minutos ou superiores, haveria uma necessidade de mais do que três turnos, o que supera o máximo operacional da empresa, indicando uma situação onde a capacidade de produção seria insuficiente.

4.1.2 Demanda Tratada

A partir da Tabela 7 foi possível verificar a necessidade de uma distribuição mais eficiente para otimizar o processo de produção. Para atingir esse objetivo, procedeu-se à redistribuição da demanda original, considerando os prazos de entrega e buscando limitar a produção diária a, no máximo, dois turnos. Esse rearranjo buscou alcançar uma uniformidade semanal na demanda, minimizando flutuações significativas nas horas de trabalho diárias. Tal processo resultou na geração da Tabela 9, que representa um planejamento mais equilibrado e eficaz. As células em amarelo representam as variações realizadas na Tabela 5 da demanda original.

Tabela 9 - Distribuição da quantidade a ser produzida de acordo com a demanda tratada.

Demanda Tratada										
Descrição	02/out	03/out	04/out	05/out	06/out	25/set	26/set	27/set	28/set	29/set
CHAPA SUPORTE TORRE	0	120	120	210	150	0	0	0	0	180

Tabela 9 (Continuação) - Distribuição da quantidade a ser produzida de acordo com a demanda tratada.

CHAPA LATERAL CHASSI	11	11	0	0	11	22	22	22	22	0
CHAPA INTERMEDIARIA EXTERNA	11	0	0	0	11	0	0	11	0	0
CHAPA INTERMEDIARIA INTERNA	0	0	0	0	0	11	11	0	0	0
CHAPA ENGATE TIRANTE	0	0	0	0	0	50	0	0	0	0
CHAPA CENTRAL CHASSI	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0
LATERAL ESQUERDA	0	154	126	112	126	0	0	112	126	0
LATERAL DIREITA	0	154	126	112	126	0	112	0	126	0
CHAPA COBERTURA LATERAL	0	0	0	0	0	12	12	12	12	0
TRAVESSA FIXACAO CILINDRO	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0
CH CENTRAL CHASSI COMPAC PTG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRAVESSA MENOR FIXACAO CILR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENGATE CILINDRO COMPACTA 5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENGATE CILINDRO	0	0	0	0	0	10	0	0	10	0
CALCO ESTRUT LH DISC CORTE 03	0	0	0	0	0	136	136	136	136	0
TRAV FIXACAO CIL COMP11000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENGATE MENOR CILINDRO HY-TECH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRAVES FIXACAO CIL HT-05	10	0	0	0	10	20	10	10	10	10
CHAPA CENTRAL CHASSI	11	0	0	11	0	22	22	11	11	11
CHAPA INTERMEDIARIA EXTERNA	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0
CHAPA INTERMEDIARIA INTERNA	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0
FIXADOR TIRANTE 60FT	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ENGATE CILINDRO COMPACTA 11000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autoria própria (2023).

Utilizando a mesma lógica aplicada para desenvolvimento da Tabela 7, foram realizados os cálculos para encontrar a demanda de horas de trabalho diárias de acordo com a demanda tratada. Dessa forma, pela multiplicação das Tabela 9 e Tabela 6, os resultados são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Demanda de horas (em minutos) de trabalho diárias de acordo com a demanda tratada.

02/out	03/out	04/out	05/out	06/out	25/set	26/set	27/set	28/set	29/set
542	536	563	534	460	541	541	527	552	542

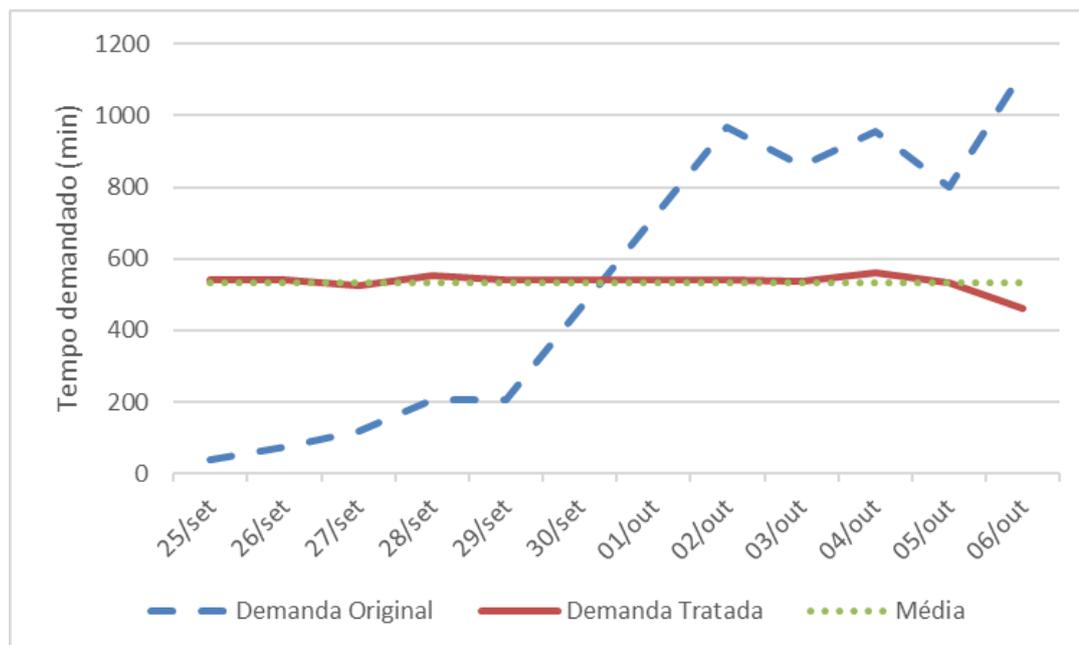
Fonte: Autoria própria (2023).

O esquema de cores é o mesmo apresentado pela Tabela 8. Essa abordagem matemática não apenas fornece uma estimativa precisa da carga de trabalho diária, mas também permite uma visão clara da distribuição de tempo requerido ao longo da semana a ser analisada. Ao alinhar a quantidade de cada componente com o respectivo tempo de produção, obtemos uma previsão realista da demanda de horas de trabalho, essencial para o planejamento e otimização dos turnos de produção.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das análises das Tabela 7 e Tabela 10, observou-se uma variação significativa na demanda de horas de trabalho entre a demanda original e a demanda tratada. Essa variação indica a eficiência alcançada pela metodologia de redistribuição da demanda. Comparando os tempos demandados nas duas situações, obteve-se o Figura 9, o qual a linha tracejada é a demanda original, a linha sólida representa a demanda tratada e a linha pontilhada a média. Um aspecto observado no gráfico foi a linearização da demanda de produção. Após o tratamento da demanda, verificou-se que os dados apresentaram uma consistência mais próxima à média, indicando uma maior uniformidade e controle do processo produtivo. Este alinhamento mais equilibrado da demanda ao longo da semana não apenas otimiza o uso dos recursos da máquina a laser, mas também contribui para a estabilidade operacional e a previsibilidade do fluxo de trabalho.

Figura 9 - Comparativo entre as demandas original e tratada de horas de trabalho diária.

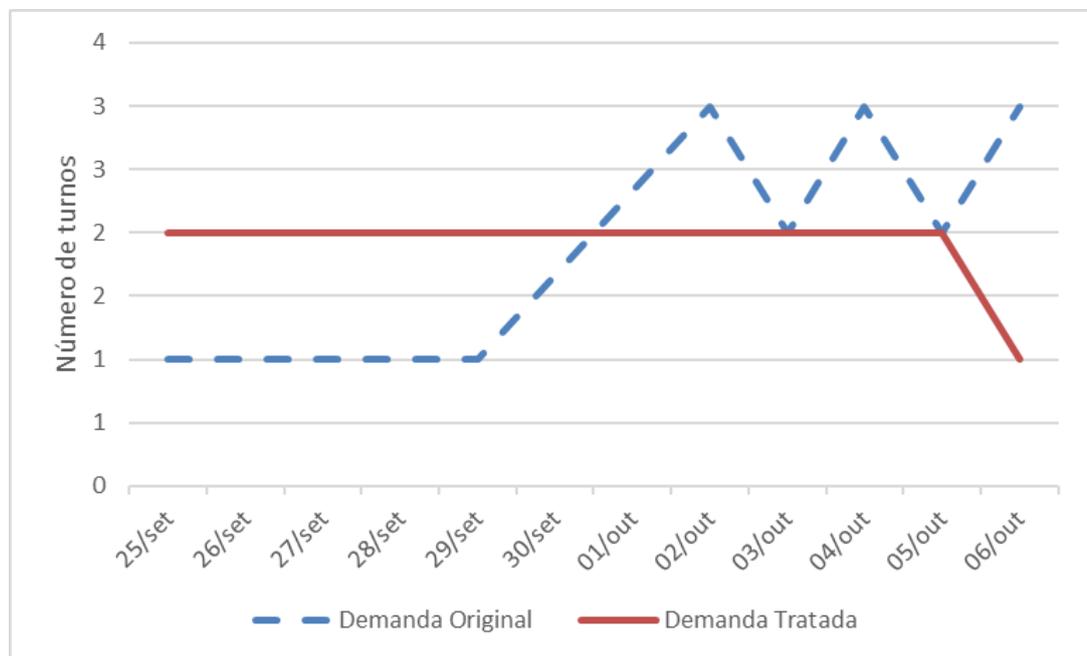


Fonte: Autoria própria (2023).

Ao comparar a quantidade de turnos diários demandados pela demanda original com a demanda após tratamento, gerou-se a Figura 10. Esta visualização destaca claramente a eficácia da abordagem de tratamento da demanda. Notavelmente, alcançou-se o objetivo de alocar de forma eficiente a maior parte da produção do período selecionado dentro do limite de dois

turnos diários, excetuando-se apenas o dia 06 de outubro. Este resultado é significativamente diferente do observado na demanda original, onde a necessidade de turnos variava drasticamente. Em alguns dias, a demanda original requer a expansão para três turnos, enquanto em outros, a necessidade caía para menos de dois turnos. Esta otimização da demanda prova ser uma ferramenta valiosa na melhoria da eficiência e na redução de custos, ao mesmo tempo que assegura a manutenção da qualidade e a entrega pontual dos produtos.

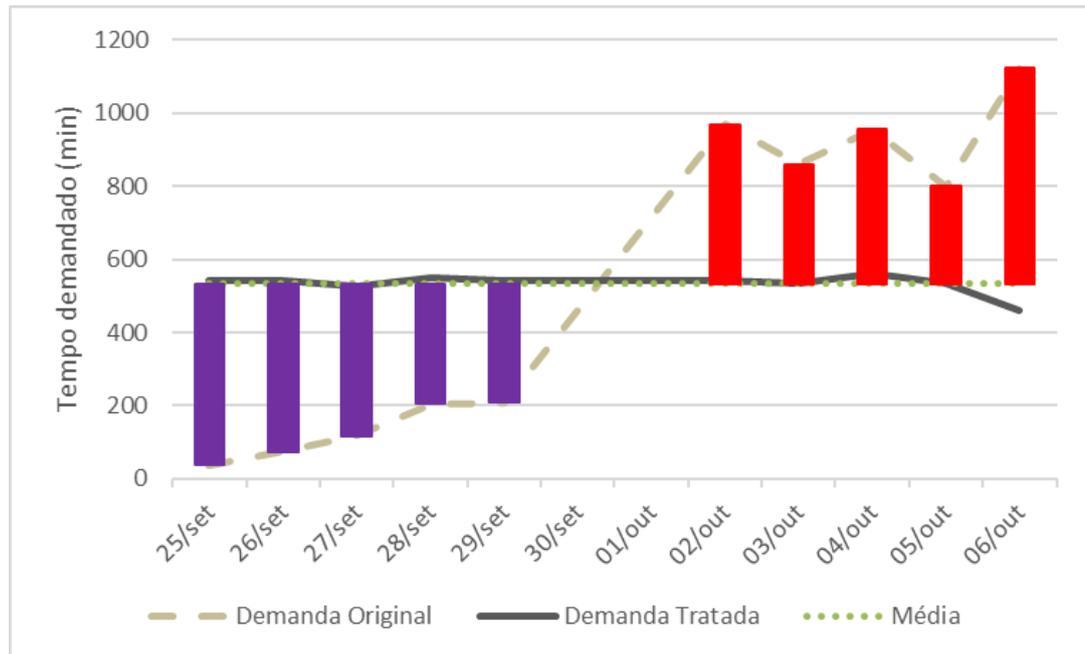
Figura 10 - Comparativo entre as demandas original e tratada em número de turnos.



Fonte: Autoria própria (2023).

A Figura 11 apresentada oferece uma comparação visual entre o tempo demandado pela produção original e a produção após o tratamento da demanda, destacando as variações em termos de horas extras e horas ociosas ao longo de uma semana operacional. As barras vermelhas representam o tempo que excederia o tempo demandado da média, enquanto as barras roxas indicam o tempo não utilizado em relação à média, apontando para o tempo ocioso.

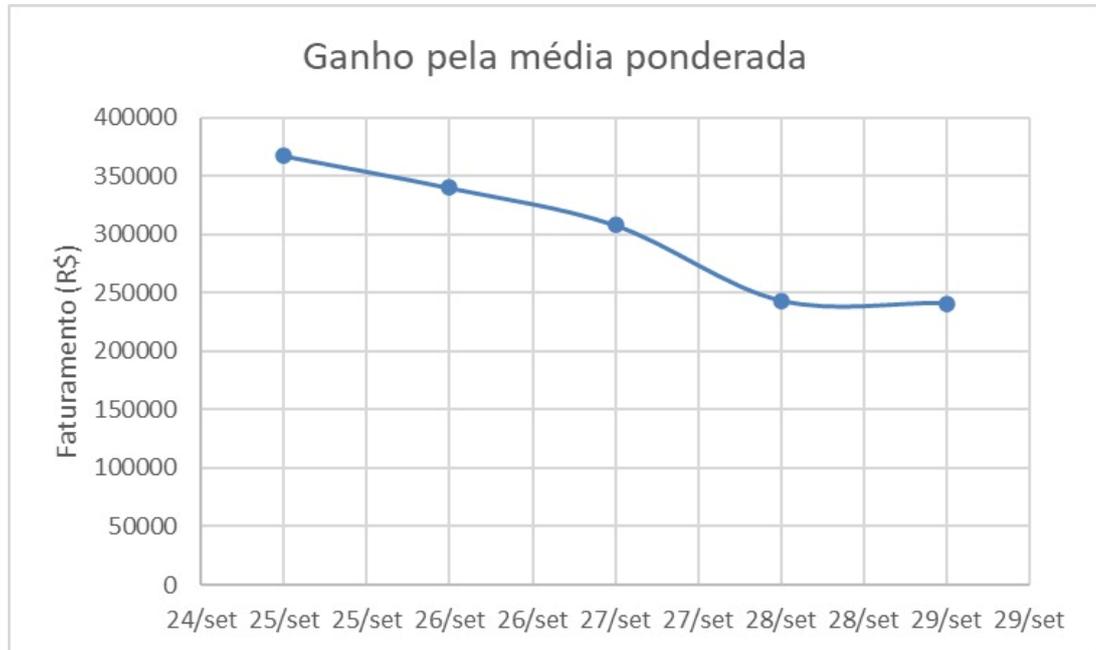
Figura 11 - Comparativo entre horas extras e horas ociosas.



Fonte: Autoria própria (2023).

A comparação foi realizada pela média do tempo demandado para a realização dos produtos, 534 minutos, simbolizada pela linha pontilhada, e não pela quantidade de turnos cheios. Essa escolha foi feita devido ao fato de a média apresentar uma distribuição mais uniforme do tempo de trabalho demandado. Embora dois turnos completos não sejam atingidos, o nivelamento da demanda traz benefícios operacionais consideráveis. Com a demanda distribuída de maneira mais uniforme, há menos variação diária nas horas de trabalho, o que permite um planejamento mais eficaz e a utilização do pessoal em outras atividades importantes durante os períodos em que não estão envolvidos na produção direta.

Figura 12 - Possibilidade de ganho pela média ponderada dos produtos classe A, com aproveitamento do tempo ocioso da máquina.



Fonte: Autoria própria (2023).

Na análise dos resultados, foi dada especial atenção à média ponderada dos produtos classificados como classe A, levando em consideração tanto o valor de faturamento quanto o tempo de fabricação de cada item. Esta abordagem permitiu uma avaliação mais precisa do tempo ocioso na demanda original e do desperdício resultante da má distribuição desse tempo. Ficou evidente que a ociosidade, influenciada por uma gestão ineficiente do tempo e recursos, levou a significativas perdas materiais e oportunidades não aproveitadas.

A comparação entre os cenários ideal e real, com base nesta análise ponderada, destacou falhas críticas nos processos existentes, revelando uma grande porção de tempo produtivo não utilizado de forma eficaz. Este entendimento sublinha a necessidade urgente de revisar e otimizar os processos de produção, com foco em minimizar o tempo ocioso e maximizar a eficiência operacional e financeira, especialmente nos produtos de maior relevância, como os da classe A.

Por fim, a metodologia de linearização de demanda demonstra ser uma estratégia eficaz para aprimorar a eficiência operacional. Ela permite que a empresa se adapte às flutuações na demanda de produção e melhore a gestão dos turnos, garantindo que os recursos de produção sejam utilizados de maneira ideal e que os trabalhadores sejam alocados de maneira eficiente, maximizando o retorno sobre o investimento em recursos humanos e equipamentos.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho demonstrou como a redistribuição equilibrada da demanda ao longo da semana, aplicada ao uso de uma máquina a laser e seu operador, otimiza significativamente o processo de produção. Ao assegurar uma programação eficiente, não apenas maximizamos a utilização dos recursos, como a mão de obra por exemplo, e minimizamos o tempo ocioso, assim contribuímos também para a estabilidade operacional e a previsibilidade do fluxo de trabalho.

A análise do impacto econômico revelou que a otimização da demanda e a redução do tempo ocioso conduzem a uma diminuição considerável nos custos operacionais. A uniformização da demanda permite um uso mais racionalizado dos recursos, otimizando o investimento em mão de obra e reduzindo despesas com horas extras e manutenção, decorrentes de operações excessivas ou inconsistentes.

Além da eficiência operacional, os benefícios econômicos são significativos, evidenciando a eficácia da metodologia aplicada na otimização dos processos de produção e na gestão eficiente de recursos. A demanda tratada resultou em uma utilização mais equilibrada dos turnos de trabalho, reduzindo o tempo ocioso e melhorando a eficiência operacional, com impactos econômicos positivos, como a redução de custos laborais e a otimização do uso dos recursos.

Os resultados refletem uma alocação mais harmoniosa dos recursos de produção e contribuem para a redução da sobrecarga nos turnos, mantendo a qualidade do trabalho. A abordagem balanceada na distribuição da demanda favorece uma operação mais sustentável, minimizando o risco de esgotamento dos recursos humanos e preservando a integridade do equipamento.

Em suma, a distribuição homogênea da demanda é um componente vital na estratégia de otimização da produção, demonstrando como uma redistribuição cuidadosa e estratégica pode resultar em um processo de produção mais eficiente, confiável e sustentável. A implementação futura de automação para este processo, substituindo a atual operação manual da planilha, promete aumentar ainda mais a eficiência e reduzir o tempo dedicado à entrada de dados manual, consolidando os avanços alcançados até o momento.

Concluindo, a implementação das melhorias identificadas na análise dos produtos de classe A, conforme Tabela 4, trouxe transformações significativas na eficiência operacional da

empresa. Através da linearização e do tratamento adequado da demanda, considerando a média ponderada baseada no valor de faturamento e no tempo de fabricação, conseguimos mitigar os problemas relacionados ao tempo ocioso e à má distribuição de recursos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Jean Carlos da Silva; SERRA, Cláudio Mauro Vieira. **Utilização de modelos de holt-winters para a previsão de séries temporais de consumo de refrigerante no Brasil**. Ceará: Enegep, 2006.

ALCURE, Sergio. **Controle e previsão de estoque**. Rio de Janeiro: CNI, 1973.

ALMEIDA, Rafael Ferreira; AMARAL, Tatiana Gondim do; SILVA, Paulo Afonso Lopes da. **Métodos de Previsão de Demanda de Materiais: Aplicação em uma Empresa de Administração Pública**. Brazilian Journal of Development, 2022.
doi:10.34117/bjdv8n11-238.

AGCO, **Quem somos**. Disponível em: <<https://www.agco.com.br/about.html>>.
Acesso em: 01/10/23.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial**. Quinta edição. Porto Alegre, Bookman, 2006.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial**. Quarta edição. Porto Alegre, Bookman, 2001.

BALLOU, Ronald H. **Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física**. Primeira Edição. São Paulo, Atlas, 2009.

BONOTTO, Giulia; FOGLIATTO, Flávio Sanson. **Previsão de demanda a partir de métodos quantitativos aplicada ao setor varejista**. Rio Grande do Sul, 2015.

BROWNE, M. W. **Cross-Validation Methods**. *Journal of mathematical psychology*, v. 44, n. 1, p. 108-132, 2000.

CANIATO, F.; KALCHSCHMIDT, M.; RONCHI, S. **Integrating Quantitative and Qualitative Forecasting Approaches: Organizational Learning in an Action Research Case.** Journal of the Operational Research Society, v. 62, n. 3, p. 413 – 424, 2011.

CHIAVENATO, Idalberto. **Planejamento e controle da produção.** Segunda edição. São Paulo, Manoel, 2008.

CHING, Hong Yuh. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada – Supply chain.** Quarta Edição. São Paulo, Atlas, 2010.

CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. **Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação.** Quarta Edição. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2011.

CHU, F. L. **Forecasting Tourism Demand in Asian-Pacific Countries.** Annals of Tourism Research, v. 25, n. 3, p. 597 – 615, 1998.

CONSUL, Fabrício Bastos; WERNER, Liane. **Avaliação de técnicas: Previsão de demanda utilizada por um software de gerenciamento de estoque no setor farmacêutico.** São Paulo: Enegep, 2010.

DANGERFIELD, B. J.; MORRIS, J. S. **Top-down or bottom-up: Aggregate versus disaggregate extrapolations.** International Journal of Forecasting, v. 8, n. 2, p. 233 – 241, 1992.

DIAS, M. A. P. **Administração de Materiais: uma abordagem logística.** São Paulo: Ed. Atlas, 1993.

DIAS, Marcos Aurélio P. **Administração de materiais: uma abordagem logística.** Quinta Edição. São Paulo, Atlas, 2010.

FILDES, R. **Evaluation of Aggregate and Individual Forecast Method Selection Rules.** Management Science, v. 35, n. 9, p. 1056 – 1065, 1989.

FILDES, R.; PETROPOULOS, F. **Simple Versus Complex Selection Rules for Forecasting Many Time Series**. *Journal of Business Research*, v. 68, n. 8, p. 1692 – 1701, 2015.

GONÇALVES, Paulo Sérgio. **Administração de materiais**. Sétima Edição. Rio de Janeiro, Elsevier, 2013.

GRANT, David B. **Gestão de Logística e Cadeia de Suprimentos**. São Paulo, Saraiva, 2012.

JESUS, Gessica Mina Kim; SILVA, Janaina Maria da; GIRADE, Camila. **Análise de técnicas de previsão de demanda: um estudo de caso em uma cerâmica**. Paraíba: Enegep, 2016.

JUNIOR, Albino Mileski. **Análise de métodos de previsão de demanda baseados em series temporais em uma empresa do sector de perfumes e cosméticos**. 2007.

KALEKAR, P. **Time Series Forecasting Using Holt-Winters Exponential Smoothing**. Kanwal Rekhi School of Information Technology, n. 04329008, p. 1 – 13, 2004.

KANG, Yanfei et al. **Déjà vu: forecasting with similarity**. arXiv preprint arXiv:1909.00221, 2019.

KAUR, M.; GULATI, H.; KUNDRA, H. **Data Mining in Agriculture on Crop Price Prediction: Techniques and Applications**. *International Journal of Computer Applications*, v. 99, n. 12, p. 1 3, 2014.

MAHARAJ, Elizabeth Ann. **Cluster of time series**. *Journal of Classification*, v. 17, n. 2, p. 297-314, 2000.

MARTINS, P. G; LAUGENI, F. P. **Administração da Produção**. 3ed. São Paulo: Saraiva, 2015

MONKS, J. G. **Administração da Produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1987

MORAN, K. R. et al. **Epidemic forecasting is messier than weather forecasting: The role of human behavior and internet data streams in epidemic forecast**. Journal of Infectious Diseases, v. 214, n. Suppl 4, p. S404 – S408, 2016.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da Produção e Operação**. Primeira edição. São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 1993.

MOURA, Cassia. **Gestão de Estoques: Ação e monitoramento na cadeia de logística integrada**. Primeira edição. Rio de Janeiro, Ciência Moderna Ltda, 2004.

PEREIRA, Barbara Moreto; CHAVES, Gisele; BELLUMAT, Marcelo Silva; BARBOZA, Michel Vieira; DUTRA, Raiane de Veras. **Gestão de estoque: um estudo de caso em uma empresa de pequeno porte de Jaguaré**. Ceará: Enegep, 2015.

RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. **Administração de Produção e Operações**. São Paulo: Atlas, 2004.

RODRIGUES, Paulo Roberto Ambrosio. **Gestão estratégica da armazenagem**. Segunda edição. São Paulo, Aduaneiras, 2007.

RUSCHEL, Letícia Pereira; WERNER, Liane; LEMOS, Fernando de Oliveira. **Previsão de demanda de novos produtos: aplicação integrada de métodos quantitativos e qualitativos**. Paraná: Enegep, 2007.

RUSSO, Clovis Pires. **Armazenagem, controle e distribuição**. Primeira edição. Curitiba, Intersabares, 2013.

SAMOHYL, Robert Wayne; ROCHA, Rubson; MATTOS, Viviane Leite Dias de. **Utilização do método de holt-winter para previsão do leite entregue à indústrias catarinenses.** Santa Catarina, 2001.

SCHWARZKOPF, A. B.; TERSINE, R. J.; MORRIS, J. S. **Top-down versus bottom-up forecasting strategies.** International Journal of Production Research, v. 26, n. 11, p. 1833-1843, 1988.

SIMCHI-LEVI, Davi. **Cadeia de suprimentos: projeto e gestão.** Terceira Edição. Porto Alegre, Bookman, 2010.

SLACK, Nigel et al. **Administração da produção.** São Paulo: Atlas, 1996.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção.** 2ª Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

VAN WIJK, J. J.; VAN SELOW, E. R. **Cluster and calendar based visualization of time series data.** Proceedings of the IEEE Symposium on Information Visualization, p. 4 – 9, 1999.

VERRUCK, F.; BAMPI, R. E.; MILAN, G. S. **Previsão de Demanda em Operações de Serviço: Um Estudo em Uma Empresa do Setor de Transportes.** Simpósio de Administração da Produção Logística e Operações Internacionais, 2009.

VITORINO, Carlos Márcio. **Logística.** Primeira edição. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2012.

VOLLMANN, Thomas E; BERRY, William L. **Sistema de Planejamento e controle da Produção para Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.** 5ª Ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

WIDIARTA, H.; VISWANATHAN, S.; PIPLANI, R. **Forecasting aggregate demand: An analytical evaluation of top-down versus bottom-up forecasting in a**

production planning framework. International Journal of Production Economics, v. 118, n. 1, p. 87 – 94, 2009.

YANG, S. N.; CHANG, L. C. **Regional inundation forecasting using machine learning techniques with the internet of things.** Water (Switzerland), v. 12, n. 6, 2020.