

THOMAS KIELMANOWICZ

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE APOIO AO PLANEJAMENTO DE  
ESTOQUES EM UMA LOJA DE VESTUÁRIO ESPORTIVO**

**São Paulo**

**2020**



THOMAS KIELMANOWICZ

**Desenvolvimento de um sistema de apoio ao planejamento de estoques em uma loja de  
vestuário esportivo**

Trabalho de Formatura apresentado à Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para a obtenção do diploma de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Álvaro Euzébio Hernandez

**São Paulo  
2020**

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

#### FICHA CATALOGRÁFICA

Kielmanowicz, Thomas

Desenvolvimento de um sistema de apoio ao planejamento de estoques em uma loja de vestuário esportivo / T. Kielmanowicz -- São Paulo, 2020.

77 p.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Gestão de estoques 2.Sistemas de apoio à decisão 3.Varejo de vestuário I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.



*POUR LA PATRIE LES SCIENCES ET LA GLOIRE*

## ***AGRADECIMENTOS***

À Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pelas oportunidades, pelo apoio e sobretudo por nunca ter deixado de ser um lar.

À *École polytechnique*, que foi protagonista na minha formação como indivíduo íntegro intelectual e moralmente. Ser *polytechnicien* é um dos meus maiores orgulhos.

À *HEC Paris*, pelas ideias, pessoas e lados de mim mesmo que amo tanto. *Apprendre à oser* é uma missão que carrego orgulhosamente comigo.

Ao Professor Doutor Henrique Lindenberg Neto, por todo carinho e toda atenção e sobretudo pelo apoio ao meu corajoso projeto de formação.

Ao Professor Doutor Flavius Portella Ribas Martins, pelo aprendizado e pelo apoio atencioso e caloroso que sempre ofereceu.

Ao Professor Doutor Álvaro Euzébio Hernandez, por sempre ter sido um exemplo único de retidão moral, de competência profissional e de real comprometimento com seus alunos. Tenho uma grande admiração pelo senhor, que encarna muito do que vejo de mais precioso no papel de Educador. Considero um grande privilégio ter sido seu orientando. Agradeço também o inigualável bom humor.

À *McKinsey & Co*, por ser meu referencial de *firma*.

À minha família, por tudo.

*“A aprendizagem que me deram,  
Desci dela pela janela das traseiras da casa,  
Fui até ao campo com grandes propósitos.  
Mas lá encontrei só ervas e árvores,  
E quando havia gente era igual à outra.  
Saio da janela, sento-me numa cadeira.  
Em que hei-de pensar?”*

*Álvaro de Campos*



## ***RESUMO***

Este trabalho compreendeu o desenvolvimento de um sistema de apoio à tomada de decisão em gestão de estoques para a WBlue, que opera duas lojas de artigos de vestuário esportivo. Junto à gestora da empresa, identificamos três objetivos específicos para o sistema de gestão de estoques proposto: redução do volume de vendas perdidas, redução do número total de pedidos realizados e finalmente a simplificação do processo de gestão de estoque em si. Propusemos um método de gestão de estoques baseado na revisão periódica simples dos níveis de estoque. Para operacionalizar esse método de gestão de estoques, desenvolvemos um sistema de apoio à decisão, na forma de uma planilha eletrônica em *Microsoft Excel*. Devido a uma conjuntura desafiadora de escassez de tempo agravada pela pandemia do Covid-19, entre outros fatores, o volume de dados disponibilizados para o desenvolvimento em si foi bastante reduzido. A implementação desse sistema, que compreende a coleta e tratamento de um grande volume de dados bem como a validação das hipóteses de modelagem será realizada no início de 2021. Para tanto, desenvolvemos um plano tentativo de implementação.

Palavras-chave: Gestão de estoques; Sistemas de apoio à decisão; Varejo de vestuário.

## ***ABSTRACT***

This paper comprises the development of a stock management decision support system for WBlue, a company that operates two sportswear stores in São Paulo. Together with the company's manager, we identified three specific objectives for the proposed inventory management system: reducing the volume of lost sales, reducing the total number of orders placed and finally simplifying the stock management process itself. We have proposed an inventory management method based on simple periodic review of inventory levels. To operationalize this inventory management method, we developed a decision support system, in the form of an electronic spreadsheet in *Microsoft Excel*. Due to time scarcity aggravated by the Covid-19 pandemic, among other factors, the volume of data available for the development itself was greatly reduced. The implementation of this system, which comprises the collection and treatment of a large volume of data as well as the validation of the modelling hypotheses, will be carried out in the beginning of 2021. To that end, we have developed a tentative implementation plan.

**Keywords:** Stock management; Decision support systems; Sportswear retail.

## ***LISTA DE FIGURAS***

Figura 1: Organização da WBlue .....	17
Figura 2: Estrutura de franquias .....	18
Figura 3: SI para auxiliar gestão de estoques .....	19
Figura 4: Relação entre acúmulo de estoques e rentabilidade .....	21
Figura 5: Curva ABC ou Padrão de Pareto .....	23
Figura 6: Ilustração dos principais efeitos de séries temporais .....	28
Figura 7: Classificação dos modelos de gestão de estoque segundo tipo de demanda .....	29
Figura 8: Nível de Estoque para o LEC.....	30
Figura 9: Análise de sensibilidade do LEC .....	31
Figura 10: Dinâmica de nível de estoque em modelos de revisão contínua.....	33
Figura 11: Dinâmica de nível de estoque em modelos de revisão periódica.....	34
Figura 12: Nível de estoque de um produto $j$ no sistema $(s, c, S)$ .....	37
Figura 13: Processo de resolução de problemáticas de estoque .....	47
Figura 14: Processo de vendas e gatilho de reabastecimento de estoques .....	52
Figura 15: Dinâmica de nível estoque do sistema atual .....	54
Figura 16: Base de histórico de compras .....	66
Figura 17: Base de características dos produtos .....	67
Figura 18: Aba de controle de parâmetros.....	67
Figura 19: Aba de Projeção semestral .....	68
Figura 20: Aba de Projeção de vendas .....	69
Figura 21: Aba de cálculo do período de revisão .....	69
Figura 22: Aba de cálculo do estoque-alvo .....	70

## ***LISTA DE TABELAS***

Tabela 1: Valores recomendados para o fator de segurança .....	64
--	----

## *SUMÁRIO*

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1</b>	<b>CONTEXTO E MOTIVAÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2</b>	<b>DESCRIÇÃO DA EMPRESA.....</b>	<b>17</b>
<b>1.3</b>	<b>DEFINIÇÃO DO PROBLEMA .....</b>	<b>18</b>
<b>1.4</b>	<b>ESTRUTURA DO TRABALHO .....</b>	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>GESTÃO DE ESTOQUES .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Definições fundamentais .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Modelos de gestão de estoque: fatores de custo e taxonomia .....</b>	<b>24</b>
2.1.2.1	Fatores de custo na gestão de estoques .....	24
2.1.2.2	Taxonomia dos modelos segundo comportamento de demanda.....	27
<b>2.1.3</b>	<b>Modelos de gestão de estoque: exemplos .....</b>	<b>29</b>
2.1.3.1	Lote econômico de compra .....	29
2.1.3.2	Modelos de revisão contínua: $(s, Q)$ e $(s, S)$ .....	33
2.1.3.3	Modelos de revisão periódica: $(R, S)$ e $(R, s, S)$ .....	34
2.1.3.4	Modelos de coordenação de compras.....	35
<b>2.2</b>	<b>SISTEMAS DE INFORMAÇÃO.....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Definições fundamentais .....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Taxonomia básica de sistemas de informação .....</b>	<b>41</b>
<b>2.3</b>	<b>O SETOR DE VAREJO DE VESTUÁRIO .....</b>	<b>43</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Definições fundamentais e relevância do setor no Brasil.....</b>	<b>43</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Modelo de franqueamento no setor varejista .....</b>	<b>43</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Importância da gestão de estoques no varejo de vestuários .....</b>	<b>45</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODOS .....</b>	<b>47</b>
<b>4</b>	<b>DIAGNÓSTICO, OBJETIVOS E DADOS .....</b>	<b>51</b>
<b>4.1</b>	<b>DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE GESTÃO DE ESTOQUES ATUAL.....</b>	<b>51</b>
4.1.1	Descrição do processo de vendas e da gestão de estoques na WBlue.....	51
4.1.2	Análise sistêmica da gestão de estoques na WBlue.....	53
<b>4.2</b>	<b>OBJETIVOS PARA O SISTEMA DE GESTÃO DE ESTOQUES PROPOSTO .....</b>	<b>55</b>
<b>4.3</b>	<b>DADOS FORNECIDOS PELA WBLUE .....</b>	<b>55</b>

<b>5</b>	<b>PROPOSIÇÃO DO NOVO SISTEMA .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1</b>	<b>MÉTODO DE GESTÃO DE ESTOQUES .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Fundamentos teóricos .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Descrição funcional .....</b>	<b>60</b>
5.1.2.1	Comportamento da demanda.....	60
5.1.2.2	Fatores de custo .....	62
5.1.2.3	Parâmetros de controle .....	63
<b>5.1.3</b>	<b>Descrição processual .....</b>	<b>65</b>
<b>5.2</b>	<b>SISTEMA DE APOIO À DECISÃO .....</b>	<b>65</b>
<b>5.2.1</b>	<b>Descrição funcional .....</b>	<b>66</b>
5.2.1.1	Armazenamento de dados .....	66
5.2.1.2	Controle de parâmetros .....	67
5.2.1.3	Visualização e previsão da demanda.....	67
5.2.1.4	Cálculos e apresentação de resultados .....	69
<b>5.2.2</b>	<b>Descrição processual .....</b>	<b>70</b>
<b>6</b>	<b>PLANO DE TENTATIVO DE IMPLEMENTAÇÃO.....</b>	<b>72</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>74</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>77</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Este Trabalho de Formatura segue as diretrizes do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, visando a solução de um problema real de temática relevante relacionada à Engenharia de Produção.

Este trabalho foi realizado junto à WBlue, uma gestora de lojas de artigos esportivos que pertence a uma parente do autor, com o objetivo de desenvolver um sistema de apoio ao seu planejamento de estoques.

Neste capítulo introdutório apresentamos:

- a contextualização do trabalho;
- a descrição sucinta da WBlue;
- a definição do problema tratado e dos objetivos do trabalho;
- a estrutura do trabalho.

### 1.1 CONTEXTO E MOTIVAÇÃO

A prática usual e recomendada pelo Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo para realização do Trabalho de Formatura é que o aluno realize seu Trabalho de Formatura na empresa que o acolhe durante o Estágio Supervisionado. Idealmente, o aluno, então, identificaria um problema real de Engenharia de Produção vivido pela empresa em que trabalha, e desenvolveria seu Trabalho de Formatura em torno da resolução dessa problemática.

Assim, se garantiria o cunho aplicado desse componente curricular, que teoricamente finaliza a formação acadêmica do Engenheiro de Produção ao propor a aplicação dos conhecimentos e métodos apresentados ao longo da graduação para resolução de uma problemática real. *Grosso modo*, o Trabalho de Formatura seria o primeiro problema real de Engenharia sobre o qual o graduando se debruça, marcando a transição de seu papel de aluno ao seu papel de Engenheiro de Produção.

Evidentemente essa transição só é possível se a problemática abordada é diretamente relacionada ao corpo teórico em torno do qual se define o que seria a Engenharia de Produção.

O autor realizou seu estágio supervisionado em uma assessoria financeira, chamada Ártica Investimentos. Durante os dois meses que estagiou no Ártica Investimentos, de setembro a

outubro de 2020, o autor desempenhou o papel de analista de fusões e aquisições e realizou três tipos de atividades:

- Análises financeiras: consistem na leitura e compreensão de demonstrativos financeiros, seguidas da elaboração de análises voltadas ao entendimento estratégico da empresa estudada, incluindo a determinação de seu valor econômico no contexto de transações de compra e de venda de empresas;
- Análises de mercado: consistem na elaboração de análises de mercado no contexto de criação ou de verificação das teses de investimento envolvidas nas transações assessoradas pelo Ártica;
- Análises estratégico-operacionais: consistem na coleta e interpretação de dados operacionais e organizacionais das empresas assessoradas ou estudadas, que geralmente são informações confidenciais de cunho gerencial.

A abordagem clássica proposta para o Trabalho de Formatura implicaria, nesse caso, duas possibilidades distintas: um problema interno do Ártica Investimentos para ser resolvido pela Engenharia de Produção; ou, o emprego dos conhecimentos da Engenharia de Produção para solucionar o problema de um cliente do Ártica Investimentos – ou seja, desenvolver um Trabalho de Formatura em torno dessas três atividades realizadas, sob a ótica da Engenharia de Produção.

Nenhuma dessas duas opções foi possível. A primeira, pois durante seu estágio o autor não foi capaz de identificar um problema interno de engenharia. A segunda, pois seria inviável demonstrar uma contribuição individual do autor na resolução da problemática dos clientes que serviu. Além disso, a fusão ou aquisição de uma empresa é, em geral, um processo longo, com duração média superior a um ano.

Assim, em comum acordo com seu orientador, o aluno buscou outra organização para identificar uma problemática relevante. Encontrar uma outra organização provou ser um desafio considerável devido à pandemia do Covid-19 e sobretudo devido à escassez de tempo para a realização de seu Trabalho de Formatura.

Normalmente, o Trabalho de Formatura na Escola Politécnica é realizado ao longo dos dois últimos semestres do curso. No entanto, devido ao intercâmbio acadêmico que realizou ao longo de sua graduação, o autor viu o tempo alocado para seu Trabalho de Formatura reduzido a um único semestre.

Isso se deu, pois o intercâmbio que o autor realizou é bastante excepcional em relação ao que os alunos politécnicos geralmente fazem. Após o término do segundo ano da graduação,



ou seja, após o chamado Ciclo Básico ou Biênio, o autor foi aprovado no programa de Duplo Diploma em parceria com a *École Polytechnique*, na França. Esse programa tem duração de dois anos e meio, e compreende uma formação em Engenharia Generalista, com foco em matemática e nas ciências básicas. Após esses dois anos e meio, o autor deveria ter retornado à Escola Politécnica para realizar os três semestres finais da graduação de Engenheiro de Produção.

Durante sua formação na *Polytechnique*, o autor realizou um estágio em uma consultoria estratégica em Paris que o influenciou profundamente quanto a seu projeto acadêmico-profissional: o autor finalmente descobriu sua vocação, que é a assessoria em finanças corporativas.

À luz desse desenvolvimento, o autor teve contato com a *HEC Paris*, tida como a melhor *business school* da Europa, que oferece o que é tido como o melhor mestrado de finanças do mundo desde 2011, segundo o Financial Times. Em particular, descobriu que havia uma parceria muito próxima entre a *HEC* e a *Polytechnique*, e que suas chances de ser aprovado nesse programa eram significativas.

Então, o autor entrou em contato com o Serviço de Relações Internacionais da Escola Politécnica, que coordena os acordos de intercâmbio, e pediu que seu intercâmbio fosse estendido por mais um ano para que pudesse seguir sua vocação no mestrado em finanças da *HEC Paris*.

Com a ajuda do Professor Doutor Henrique Lindemberg Neto, que coordenava o acordo entre a Escola Politécnica e a *Polytechnique*, o autor obteve a autorização da diretoria da Poli para estender seu intercâmbio, que se tornou um Triplo Diploma. Ficou acordado junto à direção que, ao retornar, após finalizar o programa da *HEC*, na segunda metade de 2020, o autor cursaria somente o último semestre ideal da graduação em Engenharia de Produção, incluindo a realização de um Trabalho Final e de um Estágio Supervisionado. Assim, o autor teria aproximadamente seis meses para desenvolver seu Trabalho de Formatura.

Quando retornou ao Brasil, em junho de 2020, tendo concluído seu mestrado em finanças, o autor procurou a equipe coordenadora dos Trabalhos de Formatura no Departamento de Engenharia de Produção, e foi instruído de aguardar pela reunião em que as diretrizes seriam apresentadas a todos os alunos. Essa reunião ocorreu no dia 11 de setembro de 2020. Imediatamente após o término dessa reunião, o autor contactou o Professor Doutor Álvaro Euzébio Hernandez, que consentiu em o orientar apesar da conjuntura extremamente desafiadora. Assim, o tempo hábil para realização desse trabalho foi de pouco menos de dois meses.

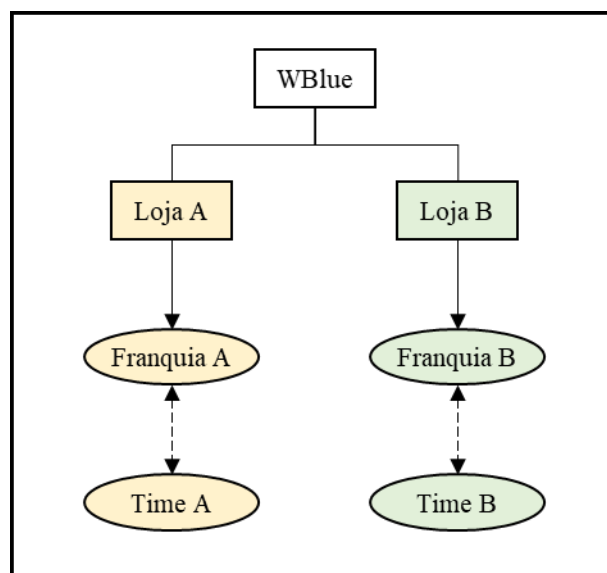
Nesse contexto, a única opção possível para que o autor resolvesse um problema real de Engenharia de Produção foi junto à WBlue, empresa de sua tia, que administra duas lojas de vestuário esportivo.

Durante uma entrevista preliminar, a gestora da WBlue confirmou grande dificuldade de sistematização de seu planejamento de compras e propôs ao autor que desenvolvesse uma ferramenta de apoio, na forma de uma planilha eletrônica, que auxiliasse na elaboração de seu plano de compras. Segundo ela, a sistematização do plano de compras é uma das principais prioridades estratégicas da WBlue no momento. Foi então definida a problemática deste Trabalho de Formatura.

## 1.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A WBlue foi criada em 2009 para administrar uma loja de roupas esportivas especializada em produtos de um dos times de futebol tradicionais da capital paulistana. Em 2012, quando do lançamento de uma franquia de lojas de um outro grande time tradicional, a segunda loja da WBlue é aberta. Ambas as lojas se localizam no mesmo *shopping center*, na Região Leste da Cidade de São Paulo. Na Figura 1 vê-se representada essa relação.

Figura 1: Organização da WBlue



Fonte: Elaboração própria

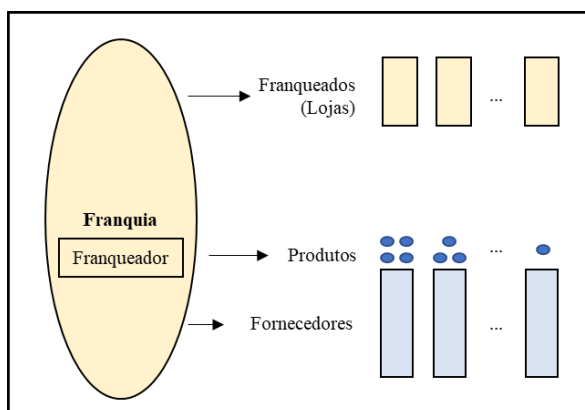
Como operadora de franquias, ou franqueada, a WBlue adquiriu uma licença de uso do detentor da marca do time, o franqueador, que por sua vez possui um acordo de exclusividade com o time de futebol para o uso de sua marca. Ou seja, mediante o pagamento de uma taxa de

franqueamento, a WBlue adquiriu o direito de possuir e de operar uma loja em que mercadorias exclusivas com a marca do time são vendidas. Ademais, uma parcela fixa do faturamento de cada uma das lojas da WBlue é devida aos respectivos franqueadores em forma de *royalties*.

Nos acordos de franquia também se estabelece que as lojas só são autorizadas a vender produtos autorizados pelas franqueadoras, com a temática do time: a franqueadora credencia as linhas de produtos que podem ser comercializadas pela loja. Entre os fornecedores autorizados há tanto fabricantes nacionais quanto internacionais. Na Figura 2 estão representados esses elementos do franqueamento.

Assim, na prática, a franqueadora determina quem comercializa os produtos exclusivos com a marca do time (franqueados) e os produtos que podem ser comercializados (nem todos os produtos são exclusivos à rede de franqueados, como exemplificam as ditas camisas oficiais, de mesmo modelo que os das camisas utilizadas pelos jogadores em campo, que em geral são acessíveis na maioria das lojas de artigos esportivos). O papel do franqueado nessa dinâmica é de gerir o ponto de venda, tendo como atividades chave a gestão de estoques e realização das vendas.

Figura 2: Estrutura de franquias



Fonte: Elaboração própria

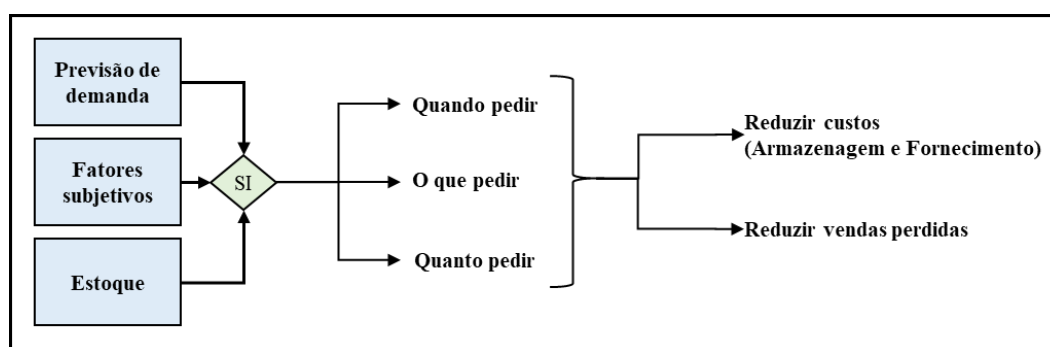
### 1.3 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

Este trabalho tem como problemática central o desenvolvimento de uma planilha eletrônica que auxilie a WBlue a estruturar seu plano de compras, ou seja, de reabastecimento de estoques. Em termos práticos, o sistema de informações desenvolvido responderá a três perguntas-chave: quais produtos devem ser comprados, em qual quantidade e em qual data.

A resposta adequada a tais perguntas deve decorrer dos objetivos gerenciais da WBlue para seu novo sistema de gestão de estoques. De maneira teórica e generalizada, busca-se a sistematização das respostas à essas perguntas de modo a aumentar a eficiência econômica da WBlue e facilitar os seus processos de tomada de decisão em gestão de estoques.

O objetivo central do trabalho será, portanto, o desenvolvimento de um Sistema de Informação (SI) que auxilie a tomada de decisão em um programa de compras mais rentável para a WBlue. Na prática, o SI deverá fornecer uma tal programação de compras (ou seja, deverá fornecer as quantidades e datas de reabastecimento de cada produto) a partir do histórico de compras da WBlue, da opinião subjetiva dos gestores e dos níveis de estoque, como mostra a Figura 3.

Figura 3: SI para auxiliar gestão de estoques



Fonte: Elaboração própria

Entende-se que idealmente um Trabalho de Formatura que aborde essa problemática compreende a concepção do SI, o seu desenvolvimento, e sua implementação na empresa. Não obstante, este Trabalho de Formatura limitar-se-á à concepção e ao desenvolvimento do sistema de apoio à tomada de decisão, fornecendo somente diretrizes para sua implementação. Como comentamos, isso se deu pela gravíssima escassez de tempo.

Ademais, em conversas com a WBlue, a gestora e seus colaboradores relataram ao autor a impossibilidade de mudança da gestão de estoques entre os meses de outubro e dezembro, período recorde de vendas no ano – ou seja, implementar o sistema de apoio à decisão implicaria estender esse trabalho no mínimo até o primeiro semestre de 2021.

Logo, em comum acordo com a Empresa e com seu orientador, o autor dividiu o projeto em duas fases. A primeira, corresponde a esse Trabalho de Formatura e inclui a concepção e desenvolvimento do SI, tendo sido desenvolvida no último quadrimestre de 2020. A segunda, de implementação do SI nas lojas da WBlue, será realizada no início de 2021, fora do contexto da graduação do autor.

## 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho possui seis capítulos. O primeiro, que é introdutório, apresentou o contexto do trabalho, bem como seus objetivos.

O capítulo segundo compreende uma revisão bibliográfica das temáticas abordadas e é composto por três seções: a primeira seção, de maior extensão e detalhe, versa sobre gestão de estoques; a segunda seção, de natureza mais breve e funcional, explora as definições fundamentais e a taxonomia básica do que se entende por sistema de informação; a terceira seção, de caráter mais ilustrativo, comenta sobre o segmento de varejo de vestuário de esportes.

O capítulo terceiro explora o método de elaboração do trabalho, descrevendo o processo de resolução do problema.

O capítulo quarto se inicia com um diagnóstico do sistema de gestão de estoques atualmente utilizado na WBlue. Em seguida são discutidas as expectativas específicas da WBlue ora em relação à política de gestão de estoques proposta, ora em relação ao SI que será desenvolvido (ou seja, em relação à planilha eletrônica de apoio à tomada de decisão que será desenvolvida). Finalmente, discutem-se os dados que foram fornecidos pela WBlue para o desenvolvimento do SI.

O capítulo quinto versa sobre o sistema de gestão de estoques desenvolvido. Primeiramente explora-se o método ou modelo de gestão de estoques empregado. Então descreve-se e comenta-se a planilha desenvolvida.

O capítulo sexto apresenta brevemente o plano tentativo de implementação do sistema de gestão de estoques a ser desenvolvido na segunda fase do projeto, com início previsto para janeiro de 2021.

O capítulo sétimo, de conclusão, sintetiza os principais desenvolvimentos do trabalho realizado.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 GESTÃO DE ESTOQUES

#### 2.1.1 Definições fundamentais

Define-se estoque de uma organização como os suprimentos e materiais mantidos pela mesma de modo a comercializá-los ou os consumir como insumos de um processo produtivo (ARNOLD, 2008). Assim, estoques são ativos que “se transformam em despesas quando esses bens forem vendidos, pois são componentes do custo das vendas” (IUDÍCIBUS, 2010), ou seja, são capital alocado e ocioso até seu consumo ou no processo de venda, de modo a gerar receita na forma de numerário ou de recebíveis, ou no processo produtivo, de modo a serem transformados em novos ativos – que por sua vez poderão ser vendidos, ou novamente transformados, segundo a atividade da organização.

Dessas considerações, já se pode inferir a essência da problemática gerencial no tocante a estoques: embora sejam necessários para a realização da receita – ou mais amplamente da atividade econômica – representam também uma forma de capital ocioso até o momento efetivo da venda ou da produção (LUSTOSA et al., 2008).

O acúmulo de capital ocioso é, *coeteris paribus*, um redutor da rentabilidade geral da organização – que entenderemos como a razão entre sua receita, ou eventualmente seu lucro, e o capital investido para realizá-la – pois se aumenta o capital investido total sem se gerarem receitas, conforme ilustrado na Figura 4.

Figura 4: Relação entre acúmulo de estoques e rentabilidade

$$\text{Rentabilidade} = \frac{\text{Receita ou Lucro}}{\text{Capital investido}} \xrightarrow{\text{Acúmulo de estoque}} \frac{(=) \text{Receita ou Lucro}}{(\uparrow) \text{Capital investido}} = (\downarrow) \text{Rentabilidade}$$

Fonte: Elaboração própria

De fato, tanto o acúmulo excessivo quanto a falta de estoques representam custos para a organização: o acúmulo implica custo de oportunidade de alocação de capital, e a falta, interrupção total ou parcial das operações, sejam elas de venda ou de produção (SILVER et al.,

2017). O tratamento quantitativo desses custos será explorado de maneira mais aprofundada na próxima subseção.

A real complexidade da tomada de decisão em gestão de estoques advém da necessidade de previsão. Há um espaço de tempo entre o momento em que um pedido de reabastecimento é realizado junto a um fornecedor e o efetivo recebimento de produtos (denominado na literatura anglófona de *lead time*). De tal modo, a gestão eficaz de estoques leva em consideração a necessidade da empresa por mercadorias ou produtos ao longo do período entre o pedido e sua entrega (SILVER et al., 2017).

Ora, não se pode tampouco perder de vista que uma empresa possui diversos produtos e mercadorias distintos em seu estoque (costuma-se denominar cada item de SKU, do inglês, *stock keeping unit*, ou seja, unidade de contagem de estoque). Assim, cada SKU corresponde a um tipo de mercadoria a ser revendida ou de produto a ser transformado, devendo a empresa gerir de maneira coordenada o estoque de todos esses itens.

Naturalmente, o aumento do número de SKUs no estoque de uma organização implica aumento de complexidade da gestão de estoques, normalmente aumentando assim os custos operacionais (SILVER et al., 2017). A prática usual é agrupar diferentes SKUs segundo sua importância para a empresa, reservando uma gestão mais minuciosa para os itens de maior importância e empregando métodos mais automatizados ou simplistas para os de menor importância.

A classificação clássica nesse sentido é denominada ABC, cujo fundamento, segundo Silver et al. (2019, p. 28; tradução própria), é:

O exame minucioso de um grande número de sistemas reais de estoque multi-SKU revelou uma regularidade estatística útil nas taxas de uso de diferentes itens. (Usamos deliberadamente o termo mais amplo uso, em vez de demanda, para abranger [não só mercadorias a serem revendidas, mas também] suprimentos, componentes, peças de reposição etc.). Normalmente, cerca de 20% dos SKUs são responsáveis por 80% da receita anual total em valor. Isso sugere que todos os SKUs no estoque de uma empresa não devem ser controlados da mesma forma.

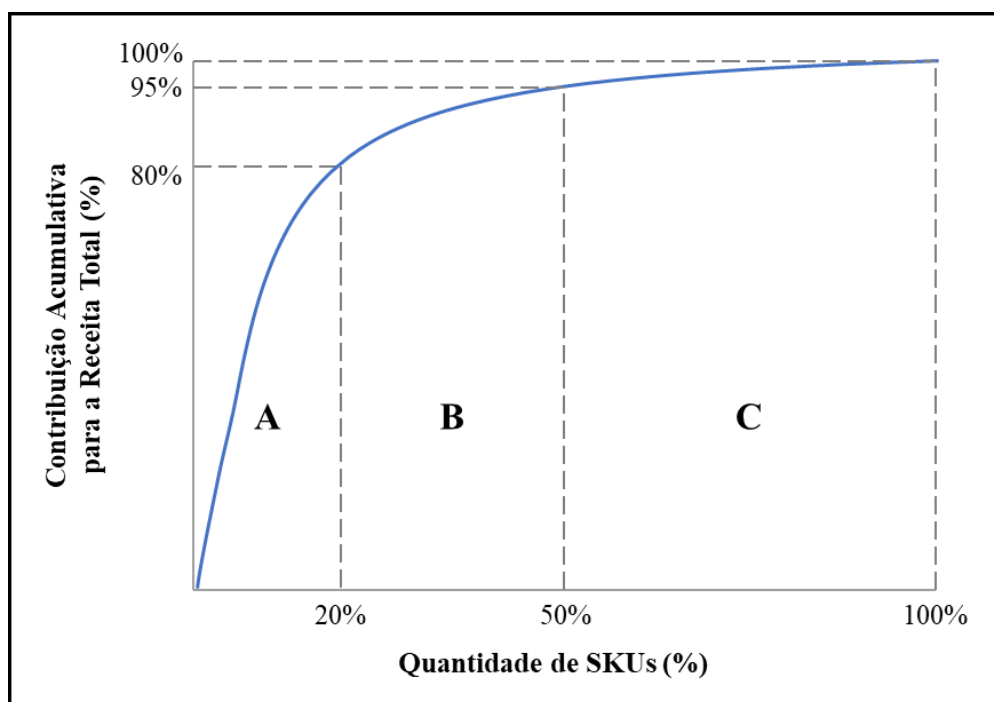
O dito padrão ou curva ABC foi originalmente proposto em 1941 pelo Engenheiro e consultor estadunidense Joseph M. Juran, que o denominou “Padrão de Pareto”, em homenagem ao economista italiano Vilfredo Pareto, que observara em 1892 que aproximadamente 80% da terra da Itália pertencia a 20% da população.

Em geral, como ilustrado na Figura 6, o padrão ABC afirma que (ARNOLD, 2008):

- Cerca de 20% dos SKUs representam 80% da receita total; esses são os itens A, de maior importância, devendo ser geridos com maior minúcia e detalhe;
- Cerca de 30% dos SKUs representam 15% da receita; esses são os itens B, de importância intermediária;
- Os 50% de SKUs restantes representam 5% da receita; esses são os itens C, que devem ser geridos de maneira simplificada ou idealmente automatizada, uma vez que sua gestão eficiente não melhora significativamente o resultado da organização.

A classificação de um produto como A, B ou C é um dos fatores críticos para escolha de seu respectivo método de gestão de estoques: a utilização de métodos de controle mais sofis-

Figura 5: Curva ABC ou Padrão de Pareto



Fonte: Adaptado de Silver et al., 2017

ticados e minuciosos implica maiores custos para organização; em geral, para itens de baixa importância segundo o padrão ABC, o benefício gerado por esses métodos não compensa o custo incorrido para utilizá-los. Como salienta Silver et al. (2017), o grau de sofisticação do método de gestão de estoques para um SKU deve acompanhar o seu grau de importância para a geração de receitas.

Findas essas considerações fundamentais sobre gestão de estoques, prosseguimos à discussão acerca do que é um modelo de gestão de estoques, em seguida explorando em maior detalhe alguns referenciais teóricos necessários aos fins desse trabalho.



### 2.1.2 Modelos de gestão de estoque: fatores de custo e taxonomia

Entende-se, para os fins desse trabalho, que um modelo de gestão de estoque consiste em um processo estruturado de tomada de decisão de compra de insumos, de produção e de distribuição de produtos.

Por definição, segundo Silver et al. (2017), um modelo de gestão de estoque responde a três perguntas fundamentais:

- Quando comprar: em quais momentos, ou com quais frequências, deve-se realizar pedidos de reabastecimento de estoque;
- Quanto comprar: qual a quantidade de um determinado produto que deve ser comprada quando se é feito um pedido de reabastecimento;
- Quando medir: em quais momentos, ou com quais frequências, deve-se realizar a medição dos níveis de estoque.

Há de se notar que essas perguntas fundamentais só têm sentido se contextualizadas por um objetivo subjacente, ou seja, se for sabido para que o sistema de gestão de estoques deve ser administrado.

#### 2.1.2.1 Fatores de custo na gestão de estoques

Tradicionalmente, entende-se que o objetivo predominante de uma empresa com fins lucrativos seja a geração de lucro, inclusive na gestão de estoques, principalmente pela minimização de seus custos.

Há cinco fatores de custo principais considerados na gestão de estoques, como explica Silver et al. (2017):

- Valor unitário ou Custo variável unitário (v): expresso em valor monetário por unidade do produto; para varejistas, escopo principal desse trabalho, é o custo da mercadoria comprada.
- Custo de Estocagem (em inglês, *Inventory Carrying Cost*): expresso em valor por unidade de tempo, compreende o custo relativo ao estoque como capital alocado,

inclui custos de oportunidade do capital (análogo a uma taxa de juros sobre um empréstimo) e custos de armazenamento no sentido literal (disponibilidade de espaço físico, mão de obra para transporte e processamento, etc.).

Como ilustrado na equação abaixo, o Custo de Estocagem é modelado como o estoque em valor de um determinado produto, expresso em quantidade ( $I$ ) multiplicado pelo valor unitário ( $v$ ), multiplicado por uma taxa temporal ( $r$ ).

$$\underbrace{\text{Custo de Estocagem}}_{[\text{Valor por ano}]} = \underbrace{I}_{[\text{Unidades}]} \underbrace{v}_{[\text{Valor por unidade}]} \underbrace{r}_{[\% \text{ por ano}]}$$

- Custo de Entrega ( $A$ ): expresso em valor, compreende o custo de realização e de entrega de um pedido de reabastecimento junto a um fornecedor. Normalmente é um valor fixo por pedido, independentemente do tamanho do pedido – uma hipótese simplificadora em muitos casos.
- Custo de Falta de Estoque: expresso em valor por unidade de estoque faltante, representa todas as despesas incorridas em uma venda perdida por falta de estoque de um produto determinado, podendo incluir diretamente as despesas incorridas e o custo da mão de obra empregada na venda perdida e indiretamente o risco de perda de receitas futuras;
- Custo de Controle: expresso em valor, compreende as despesas incorridas na instalação, manutenção e utilização do sistema de gestão de estoques, que são concentradas nas etapas de direção e de controle (uma vez que idealmente os custos de planejamento e de implementação não são recorrentes, e são pouco significativos se comparados aos custos recorrentes de direção e de controle).

Genericamente o objetivo de um sistema de gestão de estoques é a redução, ou no limite a minimização, da soma do custo total em função desses cinco fatores. Note-se que em geral a estimação desses fatores é imprecisa e difícil, salvo para o Custo variável unitário ( $v$ ) e para o Custo de Entrega ( $A$ ). Frequentemente fazemos recurso a métodos aproximativos ou funcionais para sua quantificação – o exemplo hegemônico sendo a determinação de parâmetros de tomada de decisão com base em metas gerenciais, muitas vezes na forma de indicadores de estoque (SILVER et al., 2017).

Além desses cinco fatores que normalmente determinam o custo total relevante para a gestão de estoque, há duas outras variáveis-chave para um sistema de gestão de estoques: a previsão da demanda e o tempo de entrega ( $L$ , de *lead time*, em inglês).

Há um espaço de tempo entre o momento da tomada de decisão de reabastecimento de estoques, que aqui se definirá de maneira funcional como momento da realização do pedido ou da compra junto ao fornecedor, e o momento da chegada do produto à empresa, momento esse em que consideramos que o estoque é efetivamente reabastecido: esse é o tempo de entrega ( $L$ ). Em processos de manufatura ou de produção, a matéria comprada ainda deve ser transformada antes de poder ser comercializada, tornando significativamente mais complexo o problema e mais longos os tempos envolvidos.

Em ambos os casos a compra de estoques deve antecipar a demanda por mercadorias e por insumos produtivos de modo a garantir a eficiência, ou no limite a viabilidade, do processo produtivo e comercial da empresa. Ou seja, a presente decisão de reabastecimento de estoques deve de alguma maneira se basear em uma previsão da necessidade futura. Para nossos fins, de resolução de uma problemática essencialmente varejista, deve-se projetar a demanda futura com maior precisão no mínimo até o momento do próximo reabastecimento, imediatamente após  $L$ . (SILVER et al., 2017).

#### *2.1.2.1.1 Medição e estimação de fatores de custo*

Quanto à determinação explícita dos fatores de custo, Silver et al. comentam (2017, p. 49, tradução própria):

Muitas vezes é uma surpresa para indivíduos de formação técnica que contadores e gerentes geralmente não podem determinar exatamente os custos de algumas das variáveis que especificam em seus modelos. Na prática, a medição de custos é um problema ainda não resolvido, como fica claro pela grande diversidade de alternativas para sistemas de custeio. [...]

Um problema recorrente é a impossibilidade, ou ao menos a inviabilidade econômica, de se rastream todos os custos (variáveis, semivariáveis ou fixos) para cada SKU no estoque. Na prática, é inevitável que haja um processo de rateio arbitrário dos custos não variáveis. [...]

Uma solução proposta pelos autores para contornar a dificuldade das medições explícitas dos fatores de custo de cada SKU é a determinação agregada de fatores de custo para todos os produtos, geralmente com base em objetivos gerenciais. Nesta seção, será apresentado um exemplo de determinação conjunta de  $A$  e de  $r$  para o modelo do Lote econômico de compra.

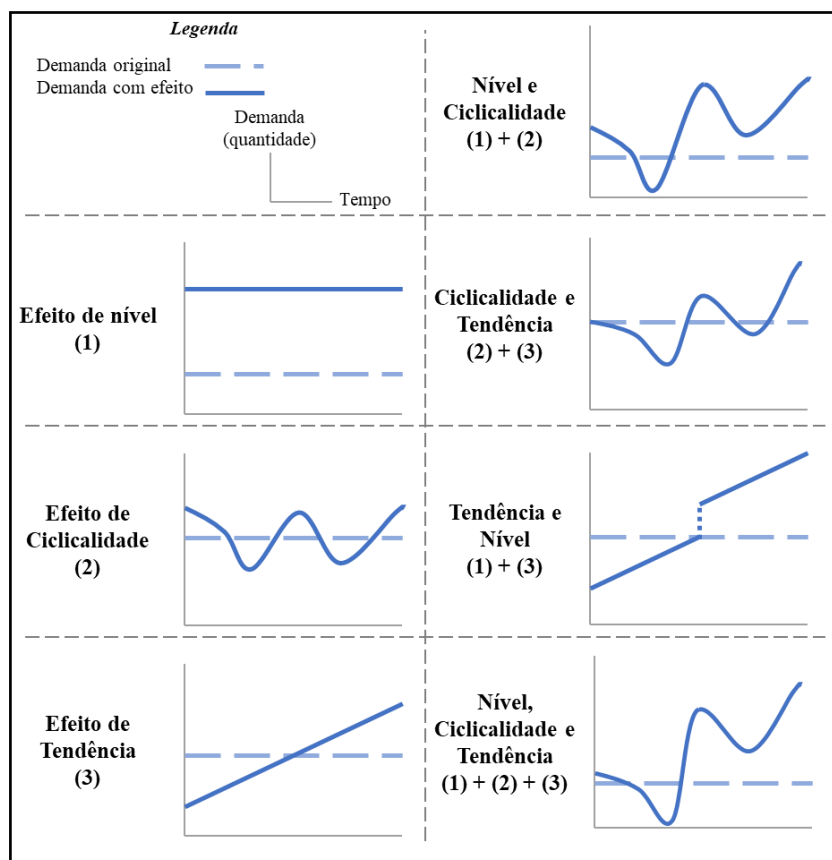
### 2.1.2.2 Taxonomia dos modelos segundo comportamento de demanda

A estimação da demanda futura é uma questão complexa, recorrendo muitas vezes a métodos estatísticos extremamente sofisticados. Silver et al. (2017) argumenta que os processos e os métodos de um bom sistema de gestão de estoques devem ser suficientemente robustos para tratar situações complexas se necessário, mas também suficientemente compreensíveis para o gestor que utilizará o sistema.

Ademais, o comportamento da demanda por um certo produto ou serviço será uma variável chave na determinação do modelo adequado e mais largamente do sistema adequado. Silver et al. (2017) propõe uma classificação funcional segundo quatro tipos de demanda:

- Demanda Determinística Constante: A demanda de cada SKU é conhecida de antemão, e permanece constante ao longo do tempo. Embora essas sejam hipóteses de demanda bastante restritivas, são a base do modelo de Lote Econômico, que é um referencial conceitual dos métodos mais sofisticados;
- Demanda Determinística Variável: A demanda de cada SKU é conhecida de antemão, porém varia ao longo do tempo segundo padrões determinísticos (geralmente denominados séries temporais, descritos com efeitos de nível, ciclo e tendência, como ilustrado pela Figura 6);

Figura 6: Ilustração dos principais efeitos de séries temporais



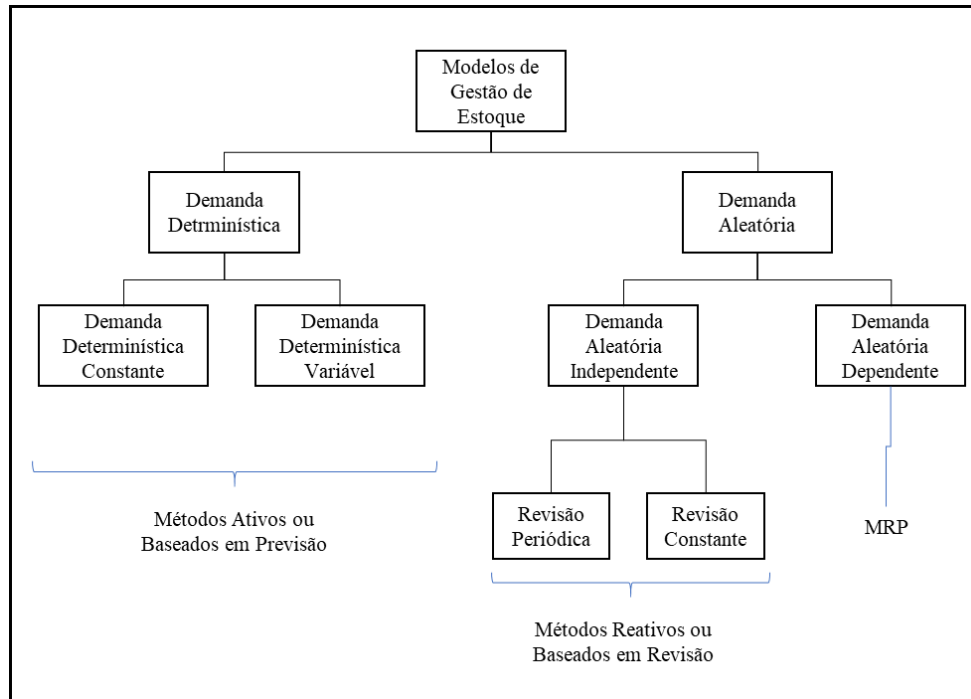
Fonte: Elaboração própria

- **Demanda Aleatória Independente:** A demanda de cada SKU se comporta como uma variável aleatória independente da demanda de outros SKUs. Esse tipo de demanda é particularmente representativo do mercado de vestuário esportivo, cuja demanda é significativamente influenciada por recorrentes eventos exógenos (por exemplo performance de um time, como será o caso de interesse para a WBlue) que devem ser tratados como aleatórios no momento da tomada de decisão.
- **Demanda Aleatória Dependente:** A demanda de um SKU é dependente da de ao menos um outro SKU. São situações complexas, geralmente mais representativas da produção do que do varejo. Os sistemas envolvidos são denominados de *Material Resource Planning* (MRP), e não são relevantes para o problema estudado.

Os métodos determinísticos são chamados de ativos por Lustosa et al. (2008), uma vez que dependem ativamente de uma previsão quantificada da demanda (usando-se, em geral, do tratamento como série temporal ou de outros métodos estatísticos). Já os métodos de demanda aleatória independente são ditos reativos, já que se baseiam na revisão periódica ou constante dos níveis de estoque, que se comportam de maneira aleatória, porém independente entre os

diferentes SKUs, devido à demanda. Os métodos de demanda aleatória dependente são tratados à parte, e denominados simplesmente de MRP. A Figura 7, adaptada de Lustosa et al (2008), sintetiza essa taxonomia.

Figura 7: Classificação dos modelos de gestão de estoque segundo tipo de demanda



Fonte: Adaptado de Lustosa et al. (2008)

### 2.1.3 Modelos de gestão de estoque: exemplos

#### 2.1.3.1 Lote econômico de compra

O modelo do Lote Econômico de Compra (LEC), ou, em inglês, *Economic Order Quantity*, é uma das primeiras soluções propostas para a problemática estudada, adotando hipóteses simplificadoras bastante significativas para obter soluções exatas. Embora seja pouco representativo da realidade, o LEC tem papel fundamental no desenvolvimento de modelos mais sofisticados pois frequentemente é usado como caso base do qual paulatinamente se removem as hipóteses do LEC para melhor representar o problema estudado (SILVER et al., 2017).

O LEC determina a quantidade de um determinado produto ( $Q$ ) que deve ser pedida a cada intervalo de tempo ( $T$ ) de modo a minimizar o custo total relevante. As principais hipóteses adotadas pelo LEC para determinar o tempo e quantidade de compra ótimos para um SKU específico são:

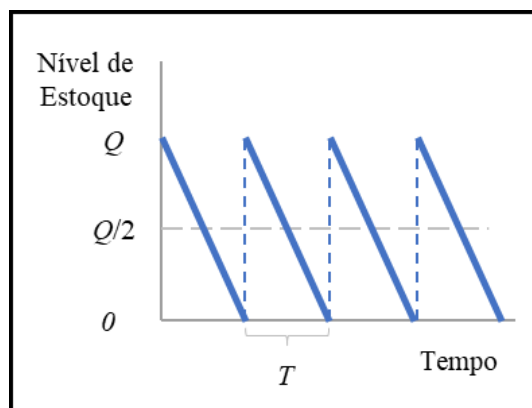
- A demanda pelo SKU ( $D$ ) é conhecida de antemão e tida como constante, sendo geralmente expressa em unidades demandadas por unidade de tempo;
- O tempo de entrega ( $L$ ) é nulo;
- O custo total relevante de um pedido ( $C$ ) é composto pelo valor unitário variável ( $v$ ), pelo custo de armazenagem ( $r$ ) e pelo custo de entrega ( $A$ ). Esses fatores são determinísticos e fixos;
- No momento imediatamente anterior à chegada de um pedido, o nível de estoque deve ser nulo; isso é, no momento imediatamente posterior à chegada do pedido, o nível de estoque é  $Q$ .

Ora, a última hipótese implica que a quantidade pedida deve equivaler à demanda relativa ao intervalo de tempo entre os pedidos (mais o tempo de entrega, que é nulo pela segunda hipótese). Ou seja:

$$Q = DT$$

Dessa observação já se pode definir a dinâmica do nível de estoque, que é  $Q$  no momento do pedido, decrescendo linearmente até atingir zero após  $T$ , momento de uma nova compra. Esse padrão, apelidado de serrote, é ilustrado na Figura 8.

Figura 8: Nível de Estoque para o LEC



Fonte: Elaboração própria

Daí infere-se que o custo de estocagem para o período considerado, tomado como o nível de estoque médio no período ( $\hat{I}$ ) multiplicado pelo custo de estocagem por unidade ( $vr$ ), é simplesmente:

$$\text{Custo de Estocagem} = \overset{=\hat{I}}{\frac{\tilde{Q}}{2}} vr$$

Assim, expresso em termos de  $Q$  (que como vimos é univocamente relacionada a  $T$ ), o custo total relevante para o período é:

$$C = A \frac{D}{Q} + \frac{Qvr}{2} + DV$$

A Quantidade do Lote Econômico de Compra ( $QLE$ ) é a quantidade que minimiza o custo total relevante, isso é:

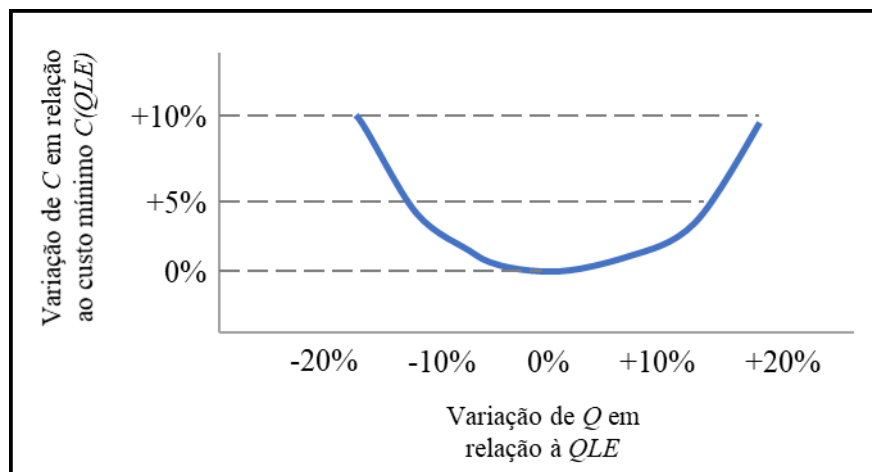
$$QLE = \arg \min_{Q>0} \left\{ C = A \frac{D}{Q} + \frac{Qvr}{2} + Dv \right\} = \sqrt{\frac{2AD}{vr}}$$

Como visto, a  $QLE$  é relacionada univocamente a um único intervalo de tempo entre pedidos, denominado Tempo do Lote Econômico de Compra ( $TLE$ ):

$$TLE = \frac{QLE}{D} = \sqrt{\frac{2A}{Dvr}}$$

Para além de sua simplicidade, o LEC também é significativamente robusto em torno da  $QLE$ , isso é, desvios relativamente pequenos da quantidade pedida em relação à quantidade ótima implicam desvios ainda menores em torno do custo total (SILVER et al., 2017). A Figura 9 ilustra essa insensibilidade em torno da quantidade ótima:

Figura 9: Análise de sensibilidade do LEC



Fonte: Adaptado de Silver et al. (2017)

O LEC é o mais básico dos modelos ativos, ou seja, daqueles em que a demanda tem o comportamento determinístico. Ao se relaxarem as hipóteses do LEC de demanda constante, de tempo de entrega nulo, de fatores de custo fixos e constantes, e de estoque nulo antes de cada



entrega, obtém-se os diferentes tipos de modelos ativos, que seguem uma lógica de otimização análoga à do LEC, porém com maior grau de sofisticação.

No entanto, se o comportamento da demanda for de natureza aleatória, deve-se escolher um outro tipo de modelo, aqueles modelos ou sistemas ditos reativos ou de revisão. Esses por sua vez podem ser de revisão contínua (baseada no controle em tempo real dos níveis de estoque, com critérios de decisão baseados nesses níveis) ou de revisão periódica (em que o controle e os pedidos são feitos de maneira intermitente, com frequência pré-determinada).

#### 2.1.3.1.1 Determinação conjunta de $A$ e $r$ para todo o estoque

Como comentado na subseção sobre medição e estimação de fatores de custo, muitas vezes não é viável determinar com precisão os fatores de custo para cada SKU do estoque. Em particular, é de interesse o caso em que  $A$  não pode ser explicitado (por exemplo quando o custo do frete é incluído no preço da mercadoria), porém é razoável assumir um valor único de  $A$  para todos os SKUs.

O LEC estabelece uma relação simples entre  $A$  e  $r$  em relação ao Valor do Estoque Médio Total ( $VEMT$ ) e ao Número Total de Pedidos por Unidade de Tempo ( $N$ ) (SILVER et al., 2017):

$$\begin{aligned}
 VEMT &= \sum_j QLE_j v_j = \sqrt{\frac{A}{r}} \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_j \sqrt{D_j v_j} \\
 N &= \sqrt{\frac{r}{A}} \frac{1}{\sqrt{2}} \sum_j \sqrt{D_j v_j} \\
 VEMT * N &= \frac{1}{2} \left( \sum_j \sqrt{D_j v_j} \right)^2 \\
 \frac{VEMT}{N} &= \frac{A}{r}
 \end{aligned}$$

Essas relações são extremamente úteis no caso de uma primeira sistematização da política de compras, de maneira a implementar uma política gerencial no sistema de estoques. Normalmente, a gerência da empresa define valores aceitáveis para  $r$  e  $N$ , e então pode-se aproximar o custo  $A$  a partir da previsão de demanda.

### 2.1.3.2 Modelos de revisão contínua: $(s, Q)$ e $(s, S)$

Silver et al. (2017) explica que o ponto inicial dos modelos de revisão contínua é a definição do nível de estoque mínimo ( $s$ ) que quando atingido, deve desencadear um pedido de reabastecimento. Resolvida a questão do quando pedir, o quanto pedir pode ser um valor fixo por pedido ( $Q$ ) ou um valor variável que eleva o nível de estoque até um nível-alvo fixo ( $S$ ).

Ou seja, no modelo  $(s, Q)$  toda vez que o estoque de um produto atinge o nível  $s$ , faz-se sempre o mesmo pedido de  $Q$  unidades do produto.

Já no  $(s, S)$ , quando se atinge  $s$ , faz-se um pedido de quantidade

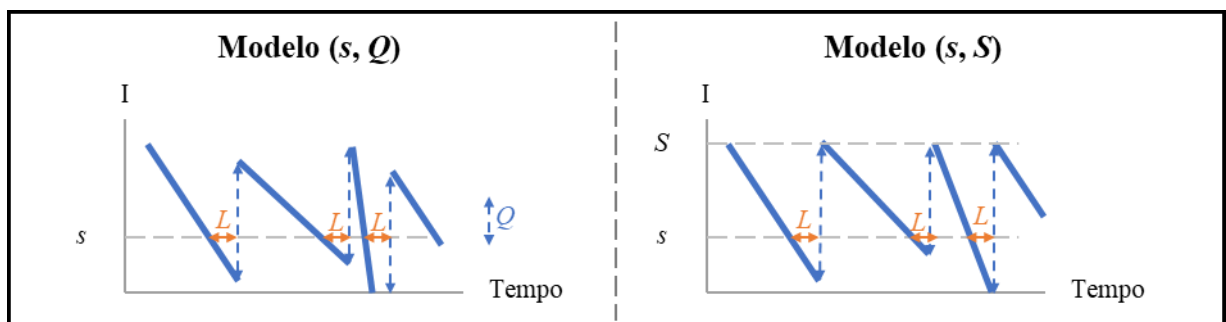
$$Q = S - I - E[D] * L - ES$$

Onde:

- $S$  é o nível de estoques desejado após a entrega;
- $I$  é o nível atual dos estoques;
- $L$  é o *lead time*;
- $E[D]$  é a esperança da demanda por unidade de tempo entre o presente e o momento da próxima entrega – note-se que  $D$  é agora tratada como variável aleatória;
- $ES$  é o estoque de segurança, ou seja, um incremento de pedido que diminui a probabilidade de falta de estoques.

Como fizemos para o LEC, a Figura 10 representa a dinâmica do nível de estoques ( $I$ ) ao longo do tempo.

Figura 10: Dinâmica de nível de estoque em modelos de revisão contínua



Fonte: Elaboração própria

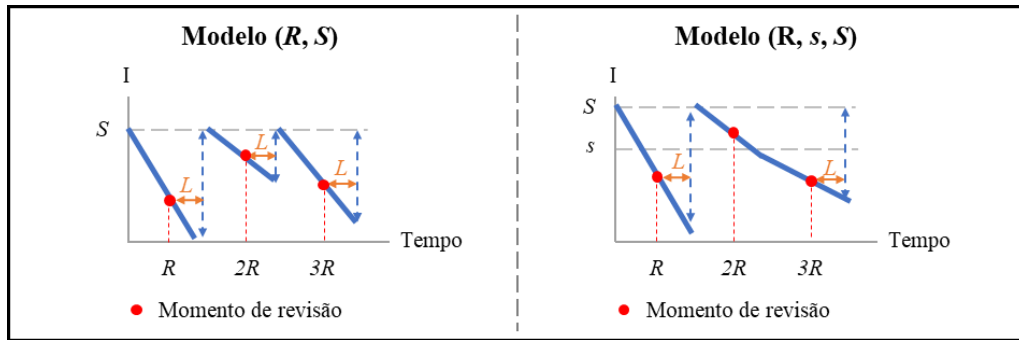
De maneira similar ao LEC, busca-se determinar os parâmetros do sistema ( $s$  e  $Q$ , ou  $s$  e  $S$ ) que minimizam os custos totais relevantes. Isso equivale a definir critérios decisórios para o controle dos estoques. Neste trabalho, os critérios de decisão para modelos de revisão contínua não serão explorados.

### 2.1.3.3 Modelos de revisão periódica: $(R, S)$ e $(R, s, S)$

Nos modelos de revisão contínua o nível atual de estoque ( $I$ ) para um determinado SKU é conhecido, e como vimos há limites mínimos que quando atingidos desencadeiam um pedido ( $s$ ). Nos modelos de revisão periódica, renuncia-se ao controle constante de  $I$  em favor de uma revisão intermitente, de período  $R$ , em teoria o único momento em que  $I$  é medido (SILVER et al., 2017).

No modelo  $(R, S)$  faz-se um pedido a cada revisão, de quantidade tal que o nível de estoque esperado no momento de recebimento do produto seja  $S$ . Já no  $(R, s, S)$ , procede-se de maneira similar, porém no momento da revisão o pedido só é realizado se aquele produto atingiu um limite mínimo para o nível de estoque ( $s$ ), ou seja, se  $I < s$ . Ilustramos a dinâmica de nível de estoque para esses modelos na Figura 11.

Figura 11: Dinâmica de nível de estoque em modelos de revisão periódica



Fonte: Elaboração própria

Como comentamos para os métodos de revisão contínua, deve haver critérios decisórios sistemáticos para o controle periódico de estoque pela escolha dos parâmetros  $R$ ,  $S$  e  $s$ .

#### 2.1.3.3.1 Critérios de decisão em modelos $(R, S)$

Em geral, nos modelos  $(R, S)$  definimos primeiramente  $R$ , e em seguida o  $S$  associado. O intervalo de revisão ótimo é derivado da quantidade do LEC ( $QLE$ ), como mostra Silver et al. (2017):

$$R \stackrel{\text{def}}{=} \frac{QLE}{E[D]}$$

Onde:

- $QLE$  é a quantidade do LEC para o período de duração  $L+R$  após a realização do pedido;
- $\mathbb{E}[D]$  é a esperança da demanda no período.

Muitas vezes a escolha do período entre revisões ( $R$ ) é imposto pela gerência da empresa, de maneira a simplificar o processo de gestão de estoques (SILVER et al., 2017).

Lustosa et al. (2008) argumentam pela realização de ajustes no período de revisão de modo que as revisões de diferentes produtos de um mesmo fornecedor coincidam. Esses autores propõem arredondar  $R$  para potências inteiras de 2 – isso é,  $R$  é da forma  $2^k$  com  $k$  sendo um número inteiro não negativo.

Para o cálculo do nível de estoque-alvo  $S$ , assumimos, como propõe Lustosa et al. (2008), que a demanda segue uma distribuição normal com média  $\mu = \mathbb{E}[D]$  e desvio-padrão  $\sigma = \sqrt{Var(D)}$ . Ademais, o estoque de segurança ( $ES$ ) é da forma  $ES = k\sigma\sqrt{L}$ , onde a única variável nova é o coeficiente de segurança  $k$ , associado à curva normal-padrão. Assim,  $S$  é determinado pela seguinte equação:

$$S = \mathbb{E}[D] * (L + R) + \underbrace{k\sigma\sqrt{L}}_{ES}$$

A abordagem proposta implica dois parâmetros a se determinar para o cálculo da quantidade pedida ( $Q = S - I$ ):

- $R$ : o intervalo de tempo entre revisões, determinado ou pela  $QLE$ , ou por imposição gerencial, ou como potência de dois para facilitar a coordenação;
- $k$ : o fator de segurança, que traduz a precificação do risco de falta de estoques.

A abordagem recomendada para modelos  $(R, s, S)$  é bastante similar ao exposto acima, porém a introdução do critério de nível mínimo para realização de pedidos (isso é  $I < s$  no momento da revisão) implica um aumento significativo da complexidade. Silver et al. (2017), explica que na maior parte das vezes métodos numéricos aproximativos são necessários para a resolução desses sistemas.

#### 2.1.3.4 Modelos de coordenação de compras

Todos os modelos de gestão de estoque apresentados até o momento fornecem critérios para o controle individual dos produtos, isso é, determinam quando comprar, quanto comprar e quando medir estoques para um único SKU. Essa abordagem se justifica quando não há ganhos

significativos em se reduzir o número de pedidos para um único fornecedor ao se agruparem diferentes produtos no mesmo pedido.

Nessa subseção, exploraremos dois exemplos de modelos adequados a situações em que há ganhos significativos na coordenação de compras de diferentes produtos do mesmo fornecedor.

Em essência, como explica Silver et al. (2017), a economia decorrente da coordenação é traduzida por uma mudança no comportamento do custo de entrega, até o momento considerado constante de nível  $A$ .

Nos modelos de coordenação, considera-se que o custo de entrega total por pedido junto a um fornecedor é da forma:

$$\text{Custo de entrega} = A + \sum_j a_j$$

Onde:

- $A$  representa um custo fixo de realização do pedido (e não mais um custo total de entrega por pedido);
- Os índices  $j$  indicam os diferentes produtos comprados de um mesmo fornecedor (assim  $j = 1, 2, \dots, n$ );
- $a_j$  representa o custo marginal de inclusão do produto  $j$  no pedido.

Note-se que essa mudança no custo de entrega é independente do comportamento da demanda. De tal forma, a classificação por comportamento da demanda apresentada também se aplica para modelos de coordenação. Em particular, os principais resultados se desenvolvem de maneira análoga ao que foi apresentado para modelos de um único SKU com a mudança do tratamento do custo de entrega: primeiramente determina-se o LEC com demanda constante, para então se refinar o modelo decisório pela remoção das hipóteses simplificadoras relevantes.

Exploraremos em mais detalhe dois modelos de coordenação com demanda aleatória, um de revisão contínua denominado  $(S, c, s)$ , outro de revisão periódica que denominaremos  $(R_\alpha, S)$ . Segundo Silver et al. (2017), esses dois modelos são ideais quando a redução do custo total de entrega é de importância primária.

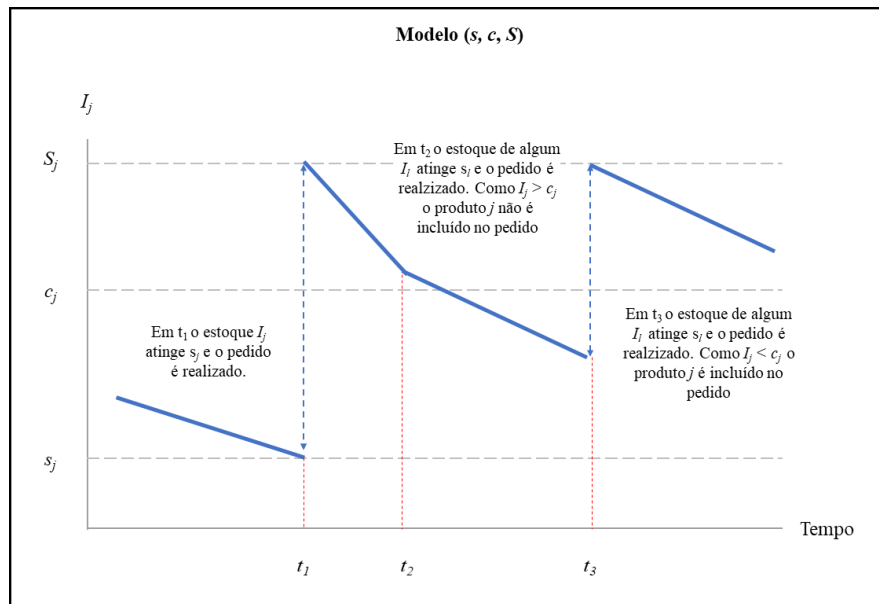
#### 2.1.3.4.1 Modelo $(s, c, S)$

Sistemas  $(s, c, S)$ , em inglês, *Can-order Systems*, se baseiam no controle simultâneo do nível de estoque de todos os produtos comprados do mesmo fornecedor ( $I_j$  com  $j = 1, 2, \dots, n$ ).

Para cada produto, como no sistema  $(s, S)$ , determina-se um nível mínimo que causará a realização do pedido ( $s_j$ ). Ademais, para cada  $j$  estabelece-se também um nível de *Can-order* ( $c_j$ ), com  $c_j > s_j$ .

Se a qualquer momento algum dos  $I_j$  atinge seu respectivo  $s_j$  realiza-se um pedido. Nesse pedido serão incluídos também todos os produtos  $l \neq j$  tais que  $I_l < c_l$ , onde  $c_l$  é o dito nível de *Can-order* do produto  $l$ . Na Figura 12 ilustramos essa dinâmica.

Figura 12: Nível de estoque de um produto  $j$  no sistema  $(s, c, S)$



Fonte: Adaptado de Silver et al. (2017)

Silver et al. (2017) notam, no entanto, que a determinação simultânea dos três parâmetros é extremamente complexa. Em efeito, é proposta uma abordagem alternativa desenvolvida por Atkins e Lyogun em 1988.

#### 2.1.3.4.2 Modelo $(R_a, S)$

O modelo proposto por Atkins e Lyogun é uma variação do sistema de revisão periódica  $(R, S)$ , que denominaremos  $(R_a, S)$ , e tem como essência a alocação de parte do custo fixo dos pedidos em função do *TLE*, como explica Silver et al. (2017, p.449-450, tradução própria):

O procedimento de Atkins e Iyogun essencialmente aloca aos poucos o custo fixo de entrega aos produtos que são produzidos ou comprados com mais frequência, mantendo em equilíbrio o tempo previsto para a próxima reposição desses produtos [...]

A ideia é eventualmente alocar todo o custo fixo de entrega entre vários produtos da família. Se todos os custos fossem alocados a um único produto, seu *QLE* aumentaria significativamente, aumentando assim seu respectivo intervalo de revisão. Nesse caso, é provável que esse produto fosse comprado ou produzido com menos frequência do que o necessário, e o tratamento dos custos estaria incorreto. Portanto, o algoritmo [de Atkins e Lyogun] exige a alocação de apenas uma pequena parte dos custos fixos de entrega ao produto adquirido com mais frequência.

A seguir descreveremos em algum detalhe o funcionamento desse algoritmo, que serve para determinar o período de revisão comum aos produtos de um mesmo fornecedor, ou seja, determina quais produtos de um mesmo fornecedor devem ter seus pedidos coordenados e quando deve ocorrer a coordenação desses produtos.

Para cada produto  $j$ , determina-se a *QLE* referente somente ao custo de entrega variável  $a_j$ :

$$QLE_j = \sqrt{\frac{2a_j D_j}{rv_j}}$$

A partir dessas *QLE<sub>j</sub>*, definem-se os tempos do LEC para cada produto (*TLE<sub>j</sub>*), expressos em semanas:

$$TLE_j = \frac{QLE_j}{D_j} * \frac{\text{Semanas por ano}}{50}$$

Note-se que esse valor se refere ao período ideal de reabastecimento de um determinado SKU, considerando somente o custo variável de entrega daquele SKU específico. O próximo passo introduz o rateio dos custos fixos entre os diferentes produtos de um mesmo fornecedor por meio de um algoritmo.

Primeiramente os produtos são postos em ordem crescente segundo seu *TLE* (isso é  $TLE_1 < TLE_2 < TLE_3 < \dots < TLE_n$ ).

O produto  $j = 1$ , ou seja, aquele de menor tempo de lote econômico, é o que deve ser pedido mais frequentemente e, portanto, o que incorreria em mais custos fixos de entrega em relação a outros SKUs do mesmo fornecedor pela simples maior ocorrência de pedidos.

O algoritmo avalia então se é desejável, do ponto de vista do custo total relevante, incluir o produto  $j = 1$  em todos os pedidos de  $j = 2$ , ou seja, responde se é mais econômico aumentar o tempo entre pedidos do produto  $j = 1$  para que seja igual ao de  $j = 2$  e que os pedidos coincidam, assim reduzindo o número de entregas cujo custo fixo é pago.

Então se testa a inclusão também do terceiro produto (caso em que  $j = 1$  e  $j = 2$  só seriam comprados quando  $j = 3$  for comprado) e assim por diante. Note-se que assim que não é desejável incluir o próximo  $j$ , o algoritmo se encerra. A frequência de entrega dos produtos incluídos é chamada de tempo base.

Para realizar esses testes, para cada produto  $j$ , define-se uma alocação do custo fixo total do pedido  $\alpha_j$  que equaliza os  $TLE_j$  para todos os produtos que devem ser coordenados; assim o custo de entrega total relacionado ao produto  $j$  é da forma  $\alpha_j A + a_j$ . Por definição, tem-se que  $\sum_j \alpha_j = 1$ , isso é, o custo fixo deve ser inteiramente alocado entre os produtos pedidos.

Silver et al. (2018) demonstra que o rateio dos custos fixos de entrega em função de um dado tempo de revisão ( $T$ ) é:

$$\alpha_j(T) = \frac{Tr_j v_j D_j}{2A} - \frac{a_j}{A}$$

Assim, o algoritmo de Atkins e Lyogun consiste nos seguintes passos:

- (i) Ordenar os  $n$  produtos de um mesmo fornecedor em ordem crescente segundo seu  $TLE$ , calculado somente com os custos variáveis
- (ii) Iniciar a contagem de inclusão com  $j = 2$  (pois o primeiro produto sempre estará incluso no pedido)
- (iii) Avaliar  $\sum_{k=1}^j \alpha_k(TLE_j) \leq 1$ :
  - Se verdadeiro:
    - Incluir o  $j$ -ésimo produto no pedido;
    - Acrescer  $j$  de uma unidade;
    - Retornar ao início da etapa (iii).
  - Se falso:
    - Reduzir  $j$  de uma unidade;
    - Fixar  $R_k = TLE_j$  (agora incluindo o rateio de custos fixos, ou seja  $TLE_j = \sqrt{\frac{2(\alpha_j A + a_j)}{D_j v r}}$ ) para todos os  $k$  produtos com  $1 \leq k \leq j$ ; para  $j < k \leq n$ , fixar  $R_k = TLE_k$  e  $\alpha_k = 0$ ;
    - Encerrar o algoritmo.

Como se expôs, o resultado do algoritmo são os períodos de revisão ( $R_\alpha$ ) para todos os produtos de um determinado fornecedor, seja para os  $j$  produtos de menor  $TLE_j$  que devem ser coordenados, seja para os  $n - j$  produtos cujos pedidos não devem ser agrupados.



Da mesma maneira que Lustosa et al. propõem que os períodos de revisão nos sistemas  $(R, S)$  devem ser convenientemente ajustados, Atkins et Lyogun (1988) propõem que todos os produtos que não são comprados em todos os períodos de revisão devem ter um intervalo de revisão igual a um múltiplo inteiro do tempo base de tal modo que toda revisão de estoque seja feita em uma data já prevista para a realização de pedidos. Já McGee et Pyke (1996) propõem, exatamente como Lustosa et al., que os períodos sejam todos múltiplos de potência 2 do tempo base (ou seja  $R = \text{Tempo Base} * 2^k$  com  $k \in \mathbb{N}^*$ ).

O interesse pelo algoritmo de Atkins e Lyogun, que nesse trabalho denomina-se  $(R_\alpha, S)$ , advém da observação de que esse método é tão ou mais eficiente do que o  $(s, c, S)$ , exceto quando  $A$  é próximo de zero (ATKINS et LYOGUN, 1988).

Ademais, Silver et al. (2017) ainda menciona que o sistema  $(R_\alpha, S)$  é de implementação mais prática, especialmente se os cálculos de apoio à tomada de decisão forem realizados em uma planilha eletrônica: na maioria dos casos, a escolha de bons parâmetros para o  $(s, c, S)$  depende de métodos numéricos variacionais ou estocásticos robustos, recorrendo até mesmo a simulações como as ditas de Monte-Carlo – essas são ferramentas de difícil implementação em planilhas eletrônicas.

Por fim, gostaríamos de informar o leitor que a denominação  $(R_\alpha, S)$  para o modelo proposto por Atkins e Lyogun é de nossa autoria. O subscrito  $\alpha$  faz menção ao fator rateio utilizado no algoritmo, que é positivo para os produtos que são coordenados, e nulo para os outros – achamos tal relação bastante simbólica, pois quando  $\alpha$  é nulo, recaímos sobre um sistema  $(R, S)$ .

## 2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

### 2.2.1 Definições fundamentais

Para bem definir o que é um sistema de informação (SI), faz-se primeiro alusão a Ferreira (2010), que define *sistema* como um conjunto de princípios verdadeiros ou falsos de maneira a constituir um corpo de doutrina. Para os fins deste trabalho, no entanto, adotaremos uma definição funcional de *sistema* evocada por Churchman (2015) como consensual entre a maioria dos autores. Assim, neste trabalho, *sistema* é um conjunto de partes interligadas com uma finalidade definida.

Em particular, um *sistema de informação* é um sistema que fornece um mecanismo de resposta por meio da coleta, manipulação, armazenagem e disseminação de informações. Nesse contexto, *informações*, ou *dados*, são coleções de fatos inicialmente irrelevantes orientados de maneira coerente de modo a prover maior valor como insumo para o processo decisório como conjunto do que isoladamente (REYNOLDS et STAIR, 2010).

Tal definição tem respaldo em Laudon et Laudon (2004), que estabelecem que a finalidade de um SI é oferecer bases para a tomada de decisão e para a implementação da decisão tomada. Os autores argumentam que as três grandes atividades de um SI são a entrada de dados, o processamento de dados e finalmente a subsequente disseminação de resultados – ou seja de dados processados.

### 2.2.2 Taxonomia básica de sistemas de informação

Laudon et Laudon (2004) propõem uma taxonomia básica de sistemas de informação segundo o tipo de necessidade organizacional que o SI busca sanar; assim haveria, *grosso modo*, quatro tipos de sistema de informação:

- Sistemas de Processamento de Transações (SPT): são sistemas que registram o fluxo de atividades e de transações realizadas por uma organização, sendo essenciais para o controle de quaisquer operações, uma vez que constituem os registros primários das atividades.

Assim, SPTs se caracterizam pela entrada de dados transacionais de uma determinada atividade de uma organização, pelo agrupamento desses dados transacionais em categorias relevantes e pela disseminação dos conjuntos em si, geralmente como documento de registro das atividades

Por exemplo, um SPT que realiza a emissão automatizada de balancetes analíticos, um tipo de demonstração contábil que relaciona todos os encaixes e desencaixes contábeis de uma organização.

- Sistemas de Informações Gerenciais (SIG): são sistemas que monitoram os processos de uma organização, geralmente computando e disseminando indicadores relativos a registros primários de atividades ou de transações.

Logo, SIGs se caracterizam pela entrada de dados de registro de atividades (por exemplo os disseminados por um SPT), pela computação de determinados indicadores relevantes e pela disseminação desses indicadores para fins gerenciais de controle, geralmente na forma de relatórios.

Por exemplo, um SIG que a partir de um histórico de vendas, entendido como o registro de todas as transações realizadas em um determinado período para cada produto, determina a contribuição percentual em valor que cada produto representa para o faturamento total da empresa.

- Sistemas de Apoio a Decisão (SAD): são sistemas que auxiliam os gestores de uma organização na tomada de decisão.

SADs são caracterizados pela entrada de dados transacionais, de relatórios gerenciais e de informações externas à organização, pela computação de indicadores relevantes para a tomada de decisão e sua disseminação aos tomadores dessas decisões. Como explicam Seref et al. (2007), um SAD não objetiva a substituição do tomador de decisão, mas sim a ampliação de suas capacidades decisórias pelo fornecimento de informações relevantes à decisão e eventualmente pela facilitação do processo decisório em si. Geralmente, SADs disseminam aos gestores a comparação de indicadores computados com parâmetros pré-estabelecidos, ditos critérios de decisão.

Por exemplo, um SAD que fornece a programação de compras de estoque para uma empresa a partir de relatórios gerenciais e do histórico de vendas. (ou seja, que fornece a quantidade e data de todos os pedidos a serem realizados junto aos fornecedores, bem como a data que os estoques devem ser medidos).

- Sistemas de Apoio ao Executivo (SAE): são sistemas que agregam informações provenientes dos diferentes SIs da organização e de fontes externas de modo a facilitar a tomada de decisão da alta gestão da empresa.

Segundo Power (2002), SAEs são um tipo específico de SAD, focado na agregação rápida e fácil e na apresentação simples e direcionada de uma gama vasta e diferenciada de informações. Em geral, os processos decisórios da gestão executiva da empresa envolvem métodos e processos pouco sistemáticos e bastante subjetivos, pois os critérios de decisão são complexos demais para modelização quantificada.

Por exemplo, um SAE que sintetiza os relatórios operacionais e financeiros de uma empresa e dissemina os principais indicadores à alta gestão de uma empresa no contexto de um planejamento estratégico anual.

## **2.3 O SETOR DE VAREJO DE VESTUÁRIO**

### **2.3.1 Definições fundamentais e relevância do setor no Brasil**

Tomamos como ponto de partida a definição de *varejo* proposta por de Mattar (2011, p. 2):

O varejo engloba um conjunto de atividades de negócios que adiciona valor a produtos e serviços vendidos e é o último estágio do processo de distribuição, geralmente, caracterizado pelo contato mais estreito com os consumidores ou adquirentes do produto ou serviço.

Note-se que essa definição de varejo transcende o espaço físico de venda, geralmente denominado *loja*, e inclui todas as vendas em espaços virtuais (como aquelas feitas pelo telefone ou em plataformas digitais de *e-commerce*).

Mais especificamente, o *varejo de vestuário* engloba as diferentes modalidades de venda de quaisquer artigos ditos de vestuário, de estilo ou de moda – *grosso modo*, é a venda de roupas.

No Brasil o setor de varejo de vestuário é a principal atividade varejista, tanto em número de estabelecimentos, quanto em número de colaboradores e em faturamento. Contando com mais de 200 mil estabelecimentos no país (SEBRAE, 2016), esse setor gera uma receita total anual de cerca de 130 bilhões de reais (IBGE, 2017).

### **2.3.2 Modelo de franqueamento no setor varejista**

Embora haja registros de acordos de *franchising* (franqueamento em inglês) já no medievo, Mattar (2011) aponta que é somente após a Segunda Guerra Mundial que o modelo de franquias se dissemina de maneira acelerada, até sua confirmação contemporânea como um paradigma de expansão e operação em escala, particularmente no setor de varejo.

Como foi evocado na introdução, ao se contextualizar a WBlue, o sistema de franqueamento consiste numa relação contratual entre duas partes: um agente detentor (franqueador) vende o direito de uso de marca, produtos ou conhecimentos a um agente comprador (franqueado) (MELO et ANDREASSI, 2012).

Normalmente a remuneração do franqueador pelo franqueado apresenta ao menos duas componentes de natureza distinta:

- Taxa de Franqueamento: valor fixo pago no momento de firmação do contrato e possivelmente quando de sua renovação (a maioria dos contratos de franqueamento devem ser renovados com frequência de cinco a sete anos);
- Royalties: parcela do faturamento realizado pelo franqueado que deve ser revertida ao franqueador.

Uma das principais vantagens inerentes ao sistema de franqueamento é a redução do capital necessário a um único agente para expandir seu negócio: o franqueado passa a assumir grande parte dos riscos de execução do negócio (atingindo em troca, naturalmente, um retorno maior que aquele que seria devido a um agente contratado pelo franqueador) (MELO et ANDREASSI, 2012).

Do ponto de vista estratégico, ou seja, para o negócio como um todo, o ganho de escala de um negócio permite a captura de economias de escala (“diluindo” os custos fixos) e também de maior poder de barganha junto a fornecedores e clientes; o sistema de *franchising* permite realizar esse ganho de escala com risco bem distribuído entre as diferentes partes (cada uma com seu apetite particular por tipo e quantidade de risco).

Do ponto de vista dos agentes (isso é, do franqueado e do franqueador) a lógica do franqueamento é um viabilizador da especialização: o franqueador pode se dedicar exclusivamente à gestão de atividades de *design* de produtos, P&D, logística e marketing (ou seja, às atividades de planejamento); já o franqueado é responsável tão somente pela operação do negócio, não tendo que se preocupar com desenvolvimento de produtos, gestão de marketing, etc. (MELO et ANDREASSI, 2012)

No setor de varejo, em particular no varejo de vestuário, o modelo de franqueamento é particularmente representativo. Um dos critérios-chave para o sucesso desse tipo de negócio é a capilarização eficiente dos pontos de vendas (ou lojas) para atingir o maior número viável de clientes e assim gerar mais receita. No entanto, a gestão de um portfólio de lojas, tanto do ponto de vista imobiliário dos pontos de venda quanto da operação varejista das lojas, é bastante complexa.

Ademais, no Brasil, o setor de varejo de vestuários é profundamente fragmentado: a maioria das empresas é familiar e de pequeno (ou muito pequeno) porte. Assim, segundo Melo e Andreassi (2012), configurou-se um setor em que dificilmente o mesmo agente terá expertise de fabricação, de administração e de comercialização.

O sucesso do modelo de franquias nesse segmento advém de uma melhor repartição de atividades entre agentes com competências (e atitudes) distintas: normalmente o franqueador assume as funções administrativas (e recorrentemente de produção, sendo comum que o próprio fabricante de uma determinada marca crie uma franquia para comercializar seus produtos), obtendo êxito pela qualidade de sua gestão (entendida como gestão da organização como um todo, porém, sem incluir a operação dos pontos de venda); já o franqueado assume o papel efetivo de varejista, tendo êxito pela quantidade de vendas que consegue realizar no ponto de vendas que possui (MELO et ANDREASSI, 2012).

### **2.3.3 Importância da gestão de estoques no varejo de vestuários**

A gestão de estoques é um ponto crítico dentre as atividades que sustentam uma operação varejista pois tem papel protagonista na disponibilidade de produtos para venda, assim sendo central à realização da receita, à gestão da marca e ao relacionamento com o cliente (SOUZA, 2009).

Assim, a política de estoques de uma empresa varejista deve ser simbiótica ao planejamento de sortimento, ou seja, à arbitragem entre variedade, profundidade e nível de serviço (VEIGA et al., 2011). Secco (2019) entende variedade como os diferentes modelos ou referências disponíveis para venda, incluindo atributos de cor e tamanho (para nossos fins, entenda-se também como o conjunto de SKUs); já a profundidade se refere à disponibilidade desses SKUs para venda.

Secco (2019) argumenta que o planejamento de vendas, e, portanto, das compras de estoque, é o fator crítico de sucesso para um varejista, devendo sua escolha de sortimento ser coesa com a estratégia desenvolvida pela organização, sendo também construída de maneira colaborativa entre as diferentes áreas funcionais da empresa.

Particularmente no varejo de moda, há uma demanda sistemática da parte de clientes quanto à expansão da variedade de produtos ofertados (SECCO, 2019). Isso implica aumento da complexidade da gestão da qualidade, dos preços, dos espaços de mostruário e de estoque. No caso de franquias, sobretudo aquelas com lojas de tamanhos significativamente diferentes

entre si, a escolha da variedade, da profundidade e do nível de serviço é de extrema importância (SECCO, 2019).

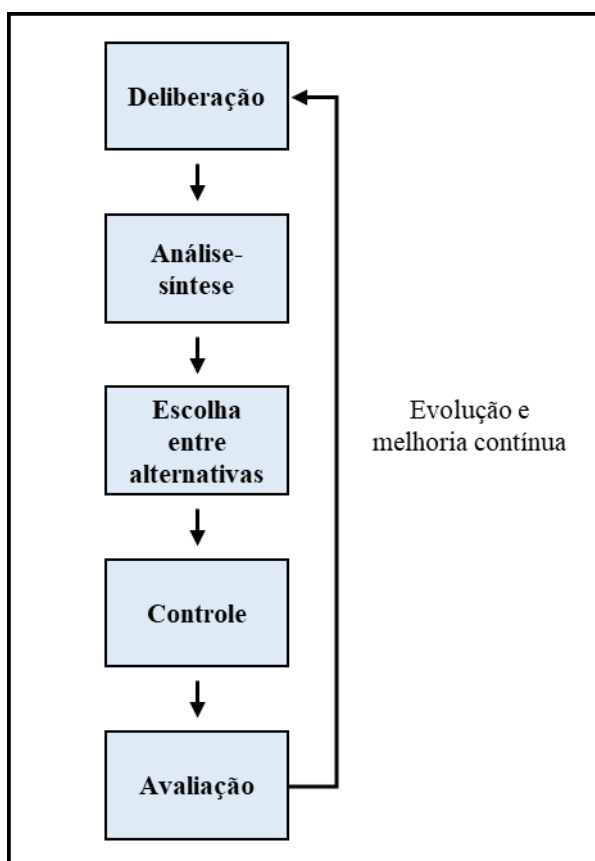
### 3 MÉTODOS

Este capítulo explora o método de elaboração do trabalho, descrevendo o processo de resolução do problema, ou seja, quais foram as etapas seguidas para desenvolver o sistema de apoio à decisão de gestão de estoques pedido pela WBlue.

Uma vez escolhida a problemática geral, ou seja, gestão de estoques na WBlue, o autor realizou uma primeira etapa de revisão da literatura sobre gestão de estoques com o objetivo de familiarização com os principais conceitos e processos desse campo do conhecimento.

A principal contribuição dessa primeira fase de estudo foi a escolha de um método de resolução de problemas em estoque, adaptado de Silver et al. (2017). Esse processo, ilustrado na Figura 13, conta com cinco etapas sucessivas: deliberação, análise-síntese, escolha entre alternativas, controle e avaliação.

Figura 13: Processo de resolução de problemáticas de estoque



Fonte: Adaptado de Silver et al. (2017)



- Deliberação: etapa inicial de conceitualização do problema estudado, cobrindo considerações estratégico-operacionais basais bem como algumas questões detalhadas de modelagem;
- Análise-síntese: etapa de modelagem, consiste na coleta de dados e na compreensão das variáveis controláveis e incontroláveis (análise) de modo a identificar a relação das variáveis controláveis com os objetivos gerenciais (síntese);
- Escolha entre alternativas: uma vez que durante a etapa de análise-síntese identificou-se a relação entre as variáveis controladas e os objetivos gerenciais, durante a etapa de escolha são definidos (i) o modelo de gestão de estoques adequado e (ii) os valores dos critérios decisórios implícitos no método escolhido, tendo em mente a melhor forma de operacionalizar o controle das variáveis para atingir os objetivos gerenciais da empresa;
- Controle: etapa de implementação da alternativa escolhida, incluindo do treinamento dos utilizadores do novo sistema à “alimentação” do método de gestão escolhido com todas as informações necessárias para seu funcionamento (denominada migração de dados);
- Avaliação: medida da eficiência do novo sistema, serve como validação das hipóteses de melhoria vislumbradas para a nova solução de gestão de estoques. Idealmente, conduz a uma nova fase de deliberação, estabelecendo um ciclo de melhoria contínua.

Como mencionado na introdução, o âmbito desse trabalho é limitado às etapas de concepção e de desenvolvimento do sistema de apoio à decisão em estoques; a implementação desse novo sistema será realizada no início de 2021, fora do contexto do Trabalho de Formatura do autor. Assim, o presente trabalho versa principalmente sobre as três primeiras etapas do processo descrito acima.

A seguir, descreveremos em mais detalhe como foram realizadas as três primeiras etapas de resolução.

Para os fins da etapa de deliberação, o autor realizou uma série de entrevistas com a gestora e com funcionários das lojas da WBlue bem como uma visita técnica às lojas. A partir dessas primeiras interações o autor obteve uma compreensão sistêmica das operações da WBlue sob uma ótica de gestão de estoques, que será apresentada na primeira seção do próximo capítulo.

Ademais, nessas primeiras interações, a gerência das lojas indicou alguns objetivos específicos para o novo sistema de gestão de estoques, que também serão apresentados no próximo capítulo. Foi nesse momento, por pedido da WBlue, que se decidiu pelo desenvolvimento de um sistema de apoio à decisão para auxiliar o planejamento de compras em forma de planilha eletrônica. Ou seja, nesse momento o objetivo geral do trabalho foi refinado: desenvolver uma planilha eletrônica em *Microsoft Excel* que auxilia a implementação de uma política de estoque, ou seja, que facilita a avaliação de critérios de tomada de decisão de compra de estoque.

Procedeu-se então à segunda etapa, de análise-síntese. Silver et al. (2017) propõem, *a priori*, uma abordagem extremamente matematizada para o estabelecimento de relações entre os objetivos gerenciais e as variáveis de controle. Em efeito, os autores alegam que o resultado-chave dessa etapa é a definição de uma função-objetivo a ser maximizada pelo regime de estoques com base na análise do maior volume possível de dados.

O desvio em relação a essa abordagem foi necessário pois o volume de dados fornecido pela WBlue foi insuficiente para formalizar matematicamente o impacto das variáveis controladas sobre os resultados da empresa.

Nesse tipo de situação, em que a formalização precisa de uma função-objetivo não é viável, Silver et al. (2017) recomendam que se estabeleçam, ao menos de maneira aproximada, o comportamento desejado para alguns parâmetros-chave de controle, tendo em vista os objetivos gerenciais. Essas relações aproximadas servem de subsídio suficiente para a etapa de escolha do método apropriado.

Na opinião do autor, um dos aspectos mais interessantes deste Trabalho de Formatura decorre justamente da impossibilidade de análises quantificadas robustas para auxiliar a gestão da WBlue, pois reforça a oposição deste trabalho a uma problemática teórica de Engenharia, em que todos os dados são perfeitamente coerentes e integralmente conhecidos. Silver et al. (2017) insistem que em cenários de gestão pouco sistemática – que compreendem principalmente estudos como este Trabalho de Formatura, em que se faz uma primeira proposta real de sistematização do processo de compras – o alinhamento claro quanto aos objetivos gerenciais é o principal resultado da etapa de análise-síntese, sendo suficiente para a escolha de uma alternativa adequada.

Uma vez finalizada essa etapa de modelagem adaptada, o autor realizou uma segunda fase de revisão da literatura, agora objetivando o levantamento das alternativas de gestão de estoques apropriadas. As diferentes opções levantadas foram então discutidas com a gestora da WBlue, que aderiu à recomendação do autor para que o novo método de gestão de estoques fosse de revisão periódica simples. A justificativa teórica dessa escolha será discutida em mais

detalhe no capítulo quinto, mas antecipamos que os métodos de gestão de estoques devem ser coerentes com o restante das práticas gerenciais da empresa, e a implantação de um processo muito destoante da realidade operacional da empresa é extremamente arriscada (SILVER et al, 2017).

Uma vez escolhidos os modelos de gestão de estoques a serem utilizados, o autor desenvolveu a planilha eletrônica que operacionaliza o novo planejamento de compras, que será descrita no capítulo quinto.

Finalmente, com a planilha desenvolvida, foi elaborado um plano tentativo de implementação, que será apresentado no capítulo sexto.

## **4 DIAGNÓSTICO, OBJETIVOS E DADOS**

Como indicamos no capítulo anterior, para os fins da etapa de deliberação, o autor realizou uma série de entrevistas com a gestora e com funcionários das lojas da WBlue bem como uma visita técnica às lojas. Este capítulo apresenta os principais resultados da etapa de deliberação e de análise-síntese e é dividido em três seções: a primeira compreende um diagnóstico do sistema de gestão de estoques usado atualmente na WBlue; a segunda comenta os objetivos específicos estabelecidos pela WBlue para o novo planejamento de compras e para o SI; a terceira explora os dados fornecidos pela empresa para o desenvolvimento.

### **4.1 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA DE GESTÃO DE ESTOQUES ATUAL**

Nesta seção é apresentado um diagnóstico da gestão de estoques atualmente realizada na WBlue. Na próxima subseção é feita uma descrição sucinta do processo de vendas com enfoque na tomada de decisão relativa à gestão de estoques. Na subseção seguinte, o processo descrito é analisado de maneira sistêmica com os conceitos de gestão de estoques levantados durante a revisão de literatura.

#### **4.1.1 Descrição do processo de vendas e da gestão de estoques na WBlue**

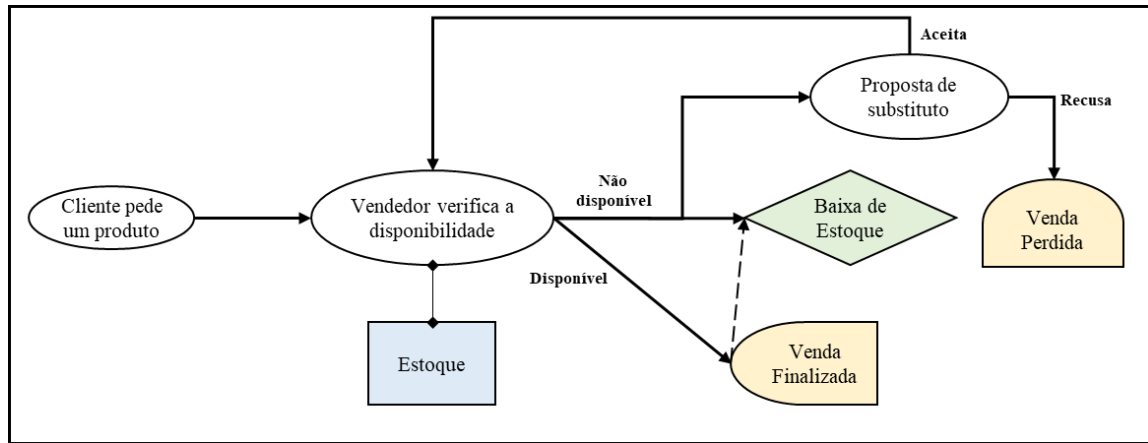
Toma-se como ponto de partida que um cliente está na loja e solicita um determinado produto a um vendedor. O vendedor então verifica a disponibilidade do produto no estoque (cada loja tem seu próprio estoque físico, localizado no mezanino, com algumas peças também no mostruário).

Se há disponibilidade do produto, a compra é finalizada. Se não, o vendedor propõe um artigo substituo. Mediante a não disponibilidade do produto no estoque, um gatilho de reabastecimento é ativado pelo vendedor, que registra a baixa de estoque em uma planilha eletrônica. Da mesma maneira, se o produto está disponível, porém com nível baixo de estoque segundo o critério do vendedor, o gatilho também pode ser ativado, registrando a baixa.

As diversas baixas de estoque são organizadas na planilha eletrônica. Uma vez que a gestão considera que há produtos faltantes suficientes faz-se o pedido de reabastecimento. Geralmente, a gestora revisa a planilha de baixas de estoque semanalmente, de tal forma que todos os produtos com estoque em baixa são pedidos no mínimo uma vez por semana; segundo a

gestora, no último ano foram realizados em média 1,4 pedidos por semana. A Figura 14 ilustra as principais etapas do processo de vendas e de compras da WBlue.

Figura 14: Processo de vendas e gatilho de reabastecimento de estoques



Fonte: Elaboração própria

Quando é feito o pedido dos produtos com baixa de estoque registrada, a quantidade pedida de cada produto é determinada pela gestora de maneira subjetiva a partir do histórico de vendas daquele produto.

Atualmente, o tempo de entrega não é considerado diretamente na escolha da quantidade pedida.

Ademais, os níveis de estoque de cada produto só são medidos quando o vendedor verifica a disponibilidade de um SKU pedido pelo cliente – em geral essa medida tem três valores possíveis: produto disponível, produto em falta (não disponível) ou produto quase em falta (produto está disponível, mas o vendedor julga que seu estoque está baixo). Naturalmente, somente para os dois últimos casos registra-se a baixa de estoque.

Quanto aos custos de reabastecimento, a grande maioria dos fornecedores da WBlue não discriminam a taxa de entrega, que é embutida no preço do pedido; assim, em geral, os custos de entrega para cada SKU são desconhecidos.

Finalmente, quanto aos tempos de entrega, ou *lead times*, a gestora da WBlue relata que em geral seus fornecedores são assaz consistentes, embora não haja um registro formal do *lead time* de cada fornecedor.

#### 4.1.2 Análise sistêmica da gestão de estoques na WBlue

Para compor uma visão sistêmica de gestão de estoques na WBlue fez-se uma análise do processo descrito com base nos diferentes modelos básicos de gestão de estoques que foram estudados ao longo da fase de revisão da literatura.

A dinâmica de estoques na WBlue segue um comportamento similar ao do modelo  $(s, S)$ : quando o estoque de algum SKU acaba, ou seja quando  $s = 0$  (ou próximo disso, segundo o critério do vendedor), faz-se um pedido que eleva o nível de estoque a algum nível  $S$ , escolhido caso a caso e sem um método explícito pré-determinado. A principal diferença do sistema atual em relação ao modelo  $(s, S)$  é que muitas vezes o pedido só será realizado no momento de revisão semanal dos produtos em falta (por exemplo, se o estoque de um determinado produto acabar na segunda-feira, é possível que só se faça o pedido na sexta-feira, quando da revisão).

Assim infere-se que há dois tipos de situação em relação ao momento de realização do pedido:

- (i) o pedido é realizado assim que se atinge o nível  $s$  (caso correspondente ao  $(R, s)$  clássico);
- (ii) o pedido é realizado na revisão seguinte ao momento em que o nível de estoque  $s$  foi atingido.

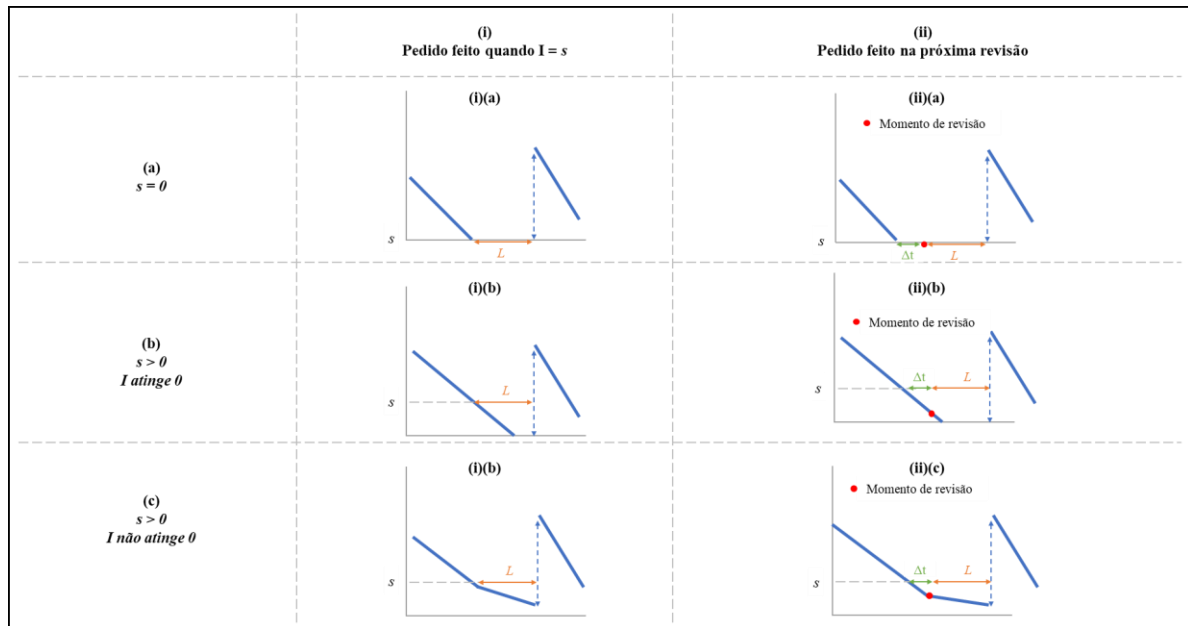
No caso (ii), quando se espera até a próxima revisão para realizar o pedido, há aumento do tempo entre o gatilho de reabastecimento (ou seja, quando o nível de estoques atinge  $s$ ) e a entrega do pedido.

Também podemos deduzir que há três possibilidades para o nível de estoque no momento que o pedido é realizado:

- (a) o nível é nulo ( $s = 0$ ); implica que toda demanda entre o momento do pedido e o do reabastecimento é perdida;
- (b) o nível é não-nulo no momento do pedido ( $s > 0$ ), porém atinge zero antes do reabastecimento; implica que toda a demanda posterior ao momento que os estoques acabam é perdida;
- (c) o nível é não-nulo no momento do pedido ( $s > 0$ ) e não atinge zero antes do reabastecimento; implica que não há vendas perdidas.

Nota-se que nos casos (ii)(a) e (ii)(b) há um aumento do volume de vendas perdidas, uma vez que a empresa passa mais tempo sem estoques. Na Figura 15 ilustramos os diferentes casos descritos acima.

Figura 15: Dinâmica de nível estoque do sistema atual



Fonte: Elaboração própria

Com base nesses elementos de análise, o autor identificou dois pontos críticos na gestão de estoques atual:

- A dinâmica atual leva a grandes espaços de tempo em que há falta de produtos, aumentando o volume de vendas perdidas. Isso se deve principalmente ao fato de que na maioria das vezes, um pedido de reabastecimento só é feito uma vez que os estoques acabam ( $s = 0$ );
- Supondo um nível não-nulo de  $s$ , o volume de vendas perdidas também aumenta com o subdimensionamento sistemático da quantidade pedida, uma vez que não contabiliza a demanda relativa ao tempo de entrega ( $L$ ) nem a demanda relativa ao tempo entre o gatilho de reabastecimento e a realização do pedido ( $\Delta t$  na Figura 15).

Esses dois pontos caracterizam a relação qualitativa dos parâmetros de controle do sistema de gestão com seus resultados, sendo o principal resultado da etapa de análise.

Para a realização da etapa de síntese, esses resultados de análise foram discutidos com a gestora da WBlue com o objetivo de alinhamento quanto ao sistema a ser proposto. Na próxima seção apresentaremos os objetivos específicos estabelecidos junto a empresa, que são a base para a escolha do método de gestão de estoques adequado, assunto da primeira seção do próximo capítulo.

## 4.2 OBJETIVOS PARA O SISTEMA DE GESTÃO DE ESTOQUES PROPOSTO

Como recomendado por Silver et al. (2017), o objetivo da etapa de síntese que foi realizada junto à gestora da WBlue é o alinhamento quanto ao comportamento desejado para os parâmetros-chave de controle, tendo em vista os objetivos gerenciais para o sistema de gestão de estoques de modo a subsidiar a escolha do método de gestão de estoques adequado. A empresa também estabeleceu algumas diretrizes para a planilha eletrônica em si.

Quanto ao modelo gestão de estoques, a WBlue determinou três objetivos principais, em ordem de prioridade:

- Reduzir a incidência de faltas de estoque (assim reduzindo o volume de vendas perdidas);
- Reduzir o número total de pedidos realizados (assim reduzindo o custo total de entrega incorrido);
- Aumentar o período de revisão da planilha de falta de estoques (assim simplificando o controle dos estoques).

Ademais, quando indagada quanto à política de controle de níveis de estoque (ou seja, quando os estoques são medidos), a WBlue indicou que é inviável realizar o controle contínuo do nível de estoque dos SKUs, uma vez que seria necessária a alocação de uma quantidade significativa de mão-de-obra suplementar.

Quanto ao comportamento da demanda, que é um fator crítico de modelagem, a WBlue argumenta que a previsão de demanda no curto e médio-curto prazos é sua especialidade: a gestora insistiu que o mais eficiente para o sistema proposto é que a demanda prevista se calcule *ad hoc* a partir do histórico recente de vendas.

Em relação à planilha eletrônica desenvolvida, ou seja, em relação ao sistema de apoio à tomada de decisão de compras de estoque, a gestora da WBlue, que será a utilizadora do sistema, estabeleceu que o histórico recente de compras deve ser apresentado de forma clara e visual, para que a partir dele se calculem as previsões, idealmente na mesma aba da planilha.

## 4.3 DADOS FORNECIDOS PELA WBLUE

A disponibilidade de dados utilizáveis foi um grande desafio na realização desse trabalho. Isso se deu por quatro razões diferentes:



- (i) No final de janeiro de 2020, a WBlue trocou seus sistemas de controle de caixa que registra as transações realizadas em cada loja (ou seja, seu Sistema de Processamento de Transações, ou SPT);
- (ii) Não há registros completos dos pedidos realizados;
- (iii) O ano de 2020 foi extremamente atípico por causa da pandemia do Covid-19 (as lojas da WBlue estiveram fechadas entre os meses de abril e maio de 2020);
- (iv) A disponibilidade da gestora e dos funcionários foi mínima a partir do mês de outubro, quando se inicia o período de maiores vendas.

A seguir, explicaremos como cada um desses fatores dificultou a realização do trabalho, e concluiremos com as mitigações adotadas para desenvolver o SI nesse contexto desafiador.

O SPT utilizado nas lojas da WBlue registra todas as transações de venda realizadas nas lojas. Assim, o sistema é capaz de emitir relatórios que sintetizam as quantidades históricas de vendas para cada SKU (nesse sentido, o SPT realiza funções típicas de um Sistema de Informações Gerenciais, ou SIG). Por imposição das franqueadoras, houve uma troca do sistema utilizado no final de janeiro de 2020 (a WBlue usava um SPT da marca *Sankhya*, que deixou de ser autorizado por ambas as franqueadoras no início desse ano; o novo é da marca *Nex*).

Infelizmente, conciliar os relatórios emitidos pelo novo sistema (que registrou as vendas a partir de janeiro de 2020) com os do antigo sistema (que registrou as vendas entre 2016 e 2019) demandará um esforço significativo uma vez que houve mudança radical na descrição dos SKUs bem como na referência única associada a cada um deles. Tal conciliação dependerá necessariamente do suporte constante da parte da WBlue, uma vez que o autor não está suficientemente familiarizado com a carteira de produtos vendidos para identificar como cada produto é referenciado em cada sistema.

Quanto aos registros dos pedidos que foram realizados, a WBlue não possui uma base unificada que discrimine quais produtos foram incluídos em cada pedido: a gestora realiza somente uma conferência pelo valor da nota fiscal emitida (assim, os registros de pedidos que a empresa possui são da forma “X reais pedidos do fornecedor Y na data Z”). Para nossos fins, seria necessário que fossem discriminados todos os SKUs, e suas quantidades, para todos os pedidos realizados. Tal registro será manualmente elaborado a partir das notas fiscais, o que demandará um esforço considerável (especialmente em vista de que a referência dos fornecedores não é a mesma do sistema de controle de caixa, ou seja, novamente será necessário apoio da empresa).

Ademais, no tocante aos pedidos realizados, a WBlue não tem uma base unificada dos valores de frete (que são muitas vezes embutidos no CMV dos produtos), nem do tempo de

entrega médio de seus fornecedores. Essas informações terão de ser coletadas e consolidadas para a implementação do SI.

A pandemia do Covid-19 causou um ano extremamente atípico quanto ao volume e comportamento da demanda, inclusive, como indicamos, as lojas da WBlue estiveram fechadas entre os meses de março e maio de 2020; além disso, naturalmente, o comportamento da demanda efetivamente atendida em 2020 é pouquíssimo representativo do que a gestora entende como normal. Para nossos fins, que dependem da previsão de demanda de curto e médio-curto prazos a partir do histórico recente de compras, isso é desastroso. Ademais, no contexto de pandemia, a WBlue reduziu significativamente seu quadro de funcionários, que não foi reestabelecido aos níveis normais até o momento da elaboração deste trabalho. Isso reduziu ainda mais a disponibilidade da gestora e dos funcionários.

Finalmente, o mês de outubro marcou uma retomada parcial dos níveis de vendas, que está sendo gerido por uma equipe de vendas reduzida. Para agravar ainda mais essa conjuntura crítica, tanto no nível processual da elaboração deste trabalho quanto no nível pessoal do autor, a gestora da WBlue, sua tia, contraiu o novo coronavírus em meados de outubro de 2020, tendo sido hospitalizada por mais de duas semanas em estado grave.

Em suma, para implementar adequadamente o SI proposto, há uma grandessíssima quantidade de dados a serem coletados, tratados e conciliados; não foi possível fazê-lo nem parcialmente pelas razões expostas acima e pela extrema escassez de tempo para elaboração deste Trabalho de Formatura.

Assim, atendendo a um pedido explícito da gestora da WBlue, a solução proposta para a gestão de estoque das lojas se baseou majoritariamente na validação qualitativa de nossas hipóteses de modelagem junto à empresa. Assim que as bases de dados estiverem tratadas e conciliadas, que deve ocorrer no primeiro mês de 2021, validaremos quantitativamente nossas hipóteses de modelagem. De tal forma, este Trabalho de Formatura objetiva o desenvolvimento da planilha sem dados reais. No próximo capítulo apresentaremos a estrutura da planilha desenvolvida, com alguns dados fictícios, sendo, porém, similares aos dados reais em forma.

Acreditamos que esse procedimento aumenta significativamente o risco de implementação do novo sistema, mas, como dissemos, infelizmente foi a única opção viável.

## 5 PROPOSIÇÃO DO NOVO SISTEMA

Neste capítulo será apresentado o sistema de apoio à decisão em gestão de estoques proposto à WBlue.

Primeiramente, será descrito o método de gestão de estoques escolhido, com três ênfases: (i) justificativa teórica para o método proposto, (ii) descrição funcional do método e (iii) descrição processual do método.

Acreditamos que essa segunda ênfase retrata o clímax desse Trabalho de Formatura do ponto de vista da resolução de um problema real de Engenharia: é nesse momento que deve se fazer a conciliação entre o funcionamento teórico do modelo adequado e a realidade operacional da empresa.

Na segunda seção, será apresentada a planilha eletrônica desenvolvida em *Microsoft Excel* que auxiliará a WBlue a utilizar o método de gestão de estoques proposto. A descrição do SAD tem duas ênfases: (i) descrição do sistema de informação, listando suas diferentes componentes e (ii) descrição processual do SI, mostrando as etapas de utilização.

### 5.1 MÉTODO DE GESTÃO DE ESTOQUES

#### 5.1.1 Fundamentos teóricos

Como comentado no capítulo terceiro, Silver et al. (2017) advogam pela coerência entre os métodos de gestão de estoque propostos e as práticas operacionais da empresa, buscando minimizar o risco de implantação de procedimentos muito destoantes do que já é feito na empresa; na compreensão desses autores, a gestão eficiente dos estoques se insere em um ciclo de melhoria constante, sendo preferível a sucessão de mudanças paulatinas com benefício validado a cada evolução.

Essa abordagem preza, sobretudo, pela conservação das operações da empresa. O risco associado à ruptura dos fluxos de receita, seja pela impossibilidade de comercialização, seja pela descoordenação da cadeia produtiva em atividades manufatureiras ou industriais, é assaz elevado, e é particularmente mais grave para empresas de pequeno porte, como a WBlue, que dependem em maior medida dos fluxos operacionais gerados para financiar suas operações.

Finda essa consideração norteadora para a escolha do método de gestão de estoques apropriado, formalizamos abaixo cinco fatos estilizados inferidos sobre as operações de varejo da WBlue que serão o subsídio fundamental para a escolha.

- (i) O controle contínuo dos níveis de estoque não é possível pelo custo associado à mão-de-obra suplementar necessária;
- (ii) A demanda por SKUs apresenta ciclicidade anual sem efeitos de tendência interanual e está sujeita principalmente à performance do time de futebol cujos produtos são vendidos, que é uma variável aleatória no momento da compra de estoques;
- (iii) O tempo de entrega associado a cada fornecedor é constante e determinístico (e, naturalmente, não-nulo);
- (iv) As taxas de entrega cobradas pelos fornecedores não são explicitamente conhecidas, mas são relativamente uniformes entre os diferentes fornecedores além de serem fixas por pedido, constantes e determinísticas;
- (v) Além da taxa de entrega, os fatores de custo relevantes são o custo variável do produto (também denominado custo da mercadoria vendida, ou CMV) e o custo de estocagem. Por fatores de custo *relevantes* entendem-se aqueles que serão parâmetros explícitos na modelagem.

Em particular, adota-se uma compreensão financeira sintetizadora para o custo de estocagem, que traduz a agregação de todos os riscos associados ao estoque como alocação de capital. Assim, a taxa temporal de custo de estocagem ( $r$ ) traduz os custos de armazenagem per se, o custo associado aos procedimentos de controle de estoque bem como os custos associados às vendas perdidas.

Concluimos a partir desses cinco fatos estilizados que o método de gestão de estoques adequado para a WBlue é o de revisão periódica simples ( $R, S$ ). Acreditamos que os três objetivos específicos levantados pela WBlue (que são a redução do volume de vendas perdidas, a redução do número total de pedidos e a simplificação do processo de gestão de estoques com revisões de no mínimo duas semanas) podem ser atingidos pela escolha apropriada dos parâmetros do modelo ( $R, S$ ). Ademais, a operacionalização de um plano de compras periódico simples é assaz próxima do atualmente praticado na WBlue, assim reduzindo o risco de implementação associado.

Na próxima subseção discutiremos o tratamento escolhido para cada uma das variáveis envolvidas no funcionamento do sistema ( $R, S$ ) proposto à WBlue.

### 5.1.2 Descrição funcional

A formulação de um planejamento de compras no sistema  $(R, S)$  depende de três dimensões de variáveis: comportamento da demanda, fatores de custo e parâmetros de controle. Além disso, é necessário que se conheçam os tempos de entrega associados a cada fornecedor.

Por razões práticas de operacionalização do planejamento de compras, vamos impor que há três escalas de tempo relevantes: semana, mês e semestre.

#### 5.1.2.1 Comportamento da demanda

Para o comportamento da demanda, que deve ser modelado como variável aleatória, assumimos, como recomenda Silver et al. (2017), comportamento normal, ou seja, que segue uma distribuição normal. Assim, é necessário estimar os dois parâmetros que determinam a distribuição de probabilidade da demanda: sua média e seu desvio-padrão.

A estimativa da média da demanda não é mais do que a previsão do nível de demanda esperado. Assim, como a gestora da WBlue considera que a previsão de demanda no curto e médio-curto prazos é sua especialidade, além de ter solicitado categoricamente que o sistema desenvolvido fosse compatível com suas estimativas *ad hoc* elaboradas a partir do histórico recente (ou seja, a partir das vendas do último ano), assumimos que a esperança da demanda será fornecida pela própria gestora. Para aludir à quantidade demandada do produto  $j$  por unidade de tempo para o período entre  $t_0$  e  $t_1$  notaremos  $D_j^{t_0:t_1}$ .

Assim, a esperança da demanda para esse período, calculada via alguma função  $f$  agindo sobre o histórico dos últimos dozes meses se escreve

$$\mathbb{E} \left[ \widetilde{D_j^{t_0:t_1}} \right] = f \left( \left\{ D_j^{t_0-m:t_1-m} \right\}_{m=1}^{12 \text{ meses}} \right)$$

Onde o til indica uma variável aleatória e sua ausência representa uma variável conhecida.

Já para o desvio-padrão da distribuição normal algumas hipóteses adicionais são necessárias. No sistema  $(R, S)$  proposto, o desvio-padrão da demanda serve para dimensionar o estoque de segurança, ou seja, incorpora a incerteza associada ao comportamento previsto para a demanda, traduz a precisão da estimativa do nível de demanda.

Como a forma matemática dessa estimativa é determinada *ad hoc*, adotamos o procedimento recomendado por Naddor (1978) em que o desvio-padrão é estimado pelo coeficiente de

variação amostral dos últimos doze meses multiplicado pela esperança. O coeficiente de variação ( $c_v$ ) é o nome dado à razão entre o desvio-padrão e a esperança de uma variável aleatória. Assim, se o coeficiente de variação de uma variável aleatória é de 5%, sabemos que seu desvio-padrão equivale a 5% da esperança.

A motivação dessa estimação via coeficiente de variação (e não via o desvio-padrão amostral canônico diretamente) advém da ciclicidade da demanda: um desvio de cinco unidades em um mês em que se vendem 50 unidades é diferente de um erro de cinco unidades em um mês em que se vendem 500. Ao se normalizar o desvio-padrão amostral pela média amostral, o efeito de ciclicidade é aproximadamente compensado na maioria dos casos. Ademais, esse procedimento permite conciliar uma estimativa de variabilidade traduzida em  $c_v$  com uma forma funcional arbitrária para a demanda.

Como Naddor (1978) explica, esse procedimento implica perda de robustez estatística uma vez que a amostra não atende perfeitamente as hipóteses de independência das observações. No entanto, em casos em que a forma da esperança é imposta como um funcional arbitrário e a amostra histórica é pequena, esse procedimento é uma alternativa simples e relativamente eficiente para se estimar o desvio-padrão sem ter de se recorrer à modelagem explícita da demanda como série temporal.

O coeficiente de variação amostral ( $\hat{c}_v$ ) é um estimador empírico não-enviesado de  $c_v$  calculado da seguinte forma:

$$\hat{c}_v = \left(1 + \frac{1}{4n}\right) \frac{s}{\bar{X}_n}$$

Em que:

- $\bar{X}_n$  é a média amostral, ou seja,  $\sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n}$ ;
- $s$  é o desvio-padrão amostral, ou seja,  $\frac{1}{\sqrt{n-1}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_n)^2}$ ;
- $n$  é o tamanho da amostra.

O fundamento do procedimento proposto por Naddor é justamente de se incorporar a incerteza histórica realizada em uma estimativa *ad hoc* do nível de demanda.

Assim, para os nossos fins, o desvio-padrão da demanda de um produto para o período entre  $t_0$  e  $t_1$  é estimado por  $\sigma = \hat{c}_v * \mathbb{E} \left[ \widetilde{D_j^{t_0; t_1}} \right]$ , em que  $\hat{c}_v$  é o coeficiente de variação amostral dos últimos doze meses para esse produto e  $\mathbb{E} \left[ \widetilde{D_j^{t_0; t_1}} \right]$  é a esperança do nível de demanda fornecida pela gestora da WBlue.

Com esses dois parâmetros, podemos perfeitamente modelar a demanda como uma variável suficientemente próxima à uma distribuição normal.

#### 5.1.2.2 Fatores de custo

Os três fatores de custo relevantes no sistema  $(R, S)$  proposto à WBlue são o custo da mercadoria vendida ( $v$ ), o custo de estocagem ( $r$ ) e o custo de entrega ( $A$ ).

Naturalmente, o custo da mercadoria vendida é conhecido por definição para cada SKU.

O custo de estocagem, como mencionado, além de traduzir os custos literais associados a armazenagem (como mão-de-obra e disponibilização de espaço para estoque físico), traduz sinteticamente o custo associado aos processos de controle de estoque bem como os associados às vendas perdidas.

Como argumentam Hopp e Spearman (2011), essa definição mais ampla de custo de estocagem pode ser entendida como análoga ao custo de oportunidade do capital alocado na forma de estoques. Os autores indicam que na ausência de uma determinação empírica dos custos abrangidos por essa definição ampliada, é desejável fixar um valor próximo ao retorno esperado pelos acionistas da empresa sobre o capital suplementar alocado na empresa.

Essa interpretação financeira dos custos de armazenagem foi muito bem recebida pela gestora da WBlue, que forneceu de prontidão o valor de referência de 20% ao ano. Em um primeiro momento, adotaremos esse valor de referência. Como indica Silver et al. (2017), é recomendável que se verifique o valor de referência contra o nível médio de estoques, que será uma das atividades de implementação. Assim a forma matemática do custo de armazenagem associado a um único produto  $j$ , com nível de estoque  $I_j$  e valor unitário  $v_j$  é simplesmente:

$$\text{Custo de estocagem}_j = I_j v_j r = I_j v_j * (20\% \text{ ao ano})$$

Quanto aos custos de entrega, os fornecedores da WBlue, em geral, não discriminam o frete cobrado nos pedidos. Quando indagada a respeito dos custos de frete, a gestora da WBlue propôs o valor de referência de 30 reais por entrega para os fornecedores que não explicitam o frete cobrado. Esse valor representa a média dos custos de entrega dos quatro fornecedores que divulgam o valor do frete; dentre esses quatro fornecedores, o de maior frete cobra 38,50 reais por entrega, e o de menor, 21 reais por entrega.

Como explicaremos no capítulo sexto, sobre o plano tentativo de implementação, buscaremos conhecer o cálculo de frete de cada fornecedor. Porém, é pouco provável que todos os fornecedores disponibilizem essa informação já que muitos deles operam cadeias logísticas

próprias, ou seja, internalizam o custo de entrega. Ademais, para os que terceirizam suas entregas, é possível que também não tenham clareza quanto ao custo de entrega cobrado pela transportadora. Sobremaneira, essa pesquisa de frete junto aos fornecedores permitirá uma validação parcial do valor de referência adotado.

### 5.1.2.3 Parâmetros de controle

Definido o tratamento das variáveis relacionadas à demanda e aos fatores de custo, podemos determinar os parâmetros de controle para o sistema  $(R, S)$  proposto, ou seja, o tempo entre revisões dos níveis de estoque para cada SKU ( $R_j$ ) e o nível de estoque desejado no momento da entrega ( $S_j$ ).

Como expusemos na revisão da literatura, para determinar  $R_j$  adotaremos o procedimento recomendado por Silver et al. (2017), que têm como referencial o LEC. Assim:

$$R_j = \frac{QLE_j}{\mathbb{E}[D_j^{t_0; \widetilde{t_0+6 \text{ meses}}}] = \sqrt{\frac{2A}{\mathbb{E}[D_j^{t_0; \widetilde{t_0+6 \text{ meses}}]} v_j r}}$$

Como primeira abordagem, a WBlue solicitou que os períodos de entrega sejam revistos uma vez por semestre, de tal forma que a demanda relevante é aquela dos próximos seis meses.

Com o interesse de coordenação entre pedidos para o mesmo fornecedor e de simplificação do processo de gestão de estoques, adotaremos o critério de arredondamento proposto por Lustosa et al. (2008), ou seja, arredondaremos os  $R_j$  para potências naturais não-nulas de 2 semanas, já que o caso  $R_j = 2^0 = 1 \text{ semana}$  não convém aos objetivos gerenciais do novo planejamento de estoques.

Para o cálculo de  $S_j$ , também acataremos a recomendação de Lustosa et al. (2008) para demanda normalmente distribuída. Assim, notando a média  $\mu$  e o desvio padrão  $\sigma$ , cujos tratamentos já foram discutidos, e  $L_j$  o *lead time* associado ao produto, temos que o nível de estoque desejado é da forma:

$$S_j = \mu * (R_j + L_j) + \underbrace{k\sigma\sqrt{L_j}}_{\text{Estoque de Seguraça}}$$

Note-se que a estimativa de nível de demanda futura se refere ao período de duração  $R_j + L_j$  a partir do momento presente.



Comentamos brevemente na revisão da literatura que  $k$  é um fator de segurança associado à curva normal de probabilidade. De fato,  $k$  corresponde ao  $\alpha$ -quantil associado à distribuição normal-padrão (com média nula e desvio-padrão unitário). Ou seja:

$$k = \arg \min_z \{\mathbb{P}[Z < z] > \alpha\}$$

Que é equivalente a:

$$k = \Phi^{-1}(\alpha)$$

Onde:

- $Z$  é uma variável aleatória normal-padrão;
- $\Phi^{-1}$  é a função inversa da distribuição acumulada de  $Z$ ;
- $\alpha$  é uma probabilidade.

A interpretação desse fator de segurança é bastante direta e poderosa do ponto de vista de gestão de estoques: como a demanda tem comportamento normal, há uma probabilidade  $\alpha$  que a demanda seja inferior à  $\mu + \text{Estoque de segurança}$ ; ou seja, a probabilidade que haja vendas perdidas é igual a  $1 - \alpha$ .

Para o sistema  $(R, S)$  proposto à WBlue, adotamos a convenção proposta por Silver et al. (2017) que consiste em valores diferentes de  $\alpha$ , e, portanto, de  $k$ , para itens A, B e C, segundo uma análise de Padrão de Pareto – a WBlue já realiza a classificação ABS de seus produtos. Transcrevemos na Tabela 1 os valores recomendados para cada tipo de produto.

Tabela 1: Valores recomendados para o fator de segurança

Tipo de produto	$\alpha$	$k$
A	95%	1.64
B	80%	0.84
C	70%	0.52

Fonte: Adaptado de Silver et al. (2017)

Analogamente ao uso de um valor de referência arbitrário para o custo de estocagem entendido de maneira ampla, durante a implementação do novo sistema verificaremos se esses valores recomendados para o fator de segurança são convenientes para a WBlue.

### 5.1.3 Descrição processual

Agora que definimos o tratamento funcional de todos os parâmetros relevantes para o sistema, apresentaremos brevemente como se dá a utilização do sistema de gestão de estoques proposto para inferir o planejamento de compras de um SKU.

Toma-se como ponto de partida o momento da revisão semestral da política de estoque.

- (1) Verifica-se se o valor de referência adotado para os fatores de segurança  $k$  em relação à estimativa de vendas perdidas. Se há muitas, aumenta-se  $k$ ; se há excesso de estoque, reduz-se  $k$ ;
- (2) A partir do histórico de vendas dos últimos 12 meses, a gestora da WBlue determina o nível de demanda esperado para o próximo semestre;
- (3) O período de revisão é calculado a partir dos fatores de custo e do nível esperado para a demanda. Arredonda-se o período de revisão para a potência de 2 mais próxima, em semanas.

Uma vez que essas etapas forem realizadas para todos os produtos, estarão definidos os momentos de revisão de estoque para o próximo semestre.

Passamos agora ao momento de revisão do estoque de um SKU, ou seja, momento em que o estoque do SKU é medido (nota-se  $I_j$  o nível de estoque em quantidade) e um pedido de reabastecimento deve ser realizado:

- (1) A partir do histórico de vendas, a gestora calcula a demanda esperada para o período de duração  $R_j + L_j$  a partir do presente;
- (2) Estima-se o desvio-padrão referente a esse nível de demanda esperado, usando o coeficiente de variação dos últimos 12 meses;
- (3) Determina-se a quantidade a ser pedida, que é igual a  $S_j - I_j$ .

## 5.2 SISTEMA DE APOIO À DECISÃO

Nesta seção será apresentada a planilha eletrônica desenvolvida em *Microsoft Excel* que auxilia na execução do método de gestão de estoques descrito na seção anterior.

### 5.2.1 Descrição funcional

A planilha desenvolvida realiza quatro tipos diferentes de atividade: armazenamento de dados; visualização e previsão de demanda; cálculos e apresentação de resultados; e, finalmente, controle de parâmetros. A seguir descreveremos os componentes, ou as abas da planilha, que realizam cada uma dessas diferentes atividades.

#### 5.2.1.1 Armazenamento de dados

A operacionalização do método de gestão de estoques depende de dois tipos de registros: registros de vendas e registros de características dos SKUs. Há, portanto, uma aba que armazena o histórico de vendas e outra que armazena as características dos SKUs.

Na aba de histórico de vendas são registradas as vendas semanais de cada SKU. Cada entrada representa a quantidade vendida daquele SKU para uma determinada semana. Atualmente, a WBlue já é capaz de produzir um relatório desse tipo de registro de transação de maneira automatizada a partir de seu SPT, ou seja, do sistema de controle do caixa das lojas. Assim, basta que as entradas desse relatório sejam copiadas para a planilha, pois esse já é emitido no formato do *Excel*.

A Figura 16 reproduz a estrutura dessa base de dados. Por convenção do *software* de registro de vendas, a data de entradas sempre corresponde a uma sexta-feira. Como indicado na seção sobre dados no capítulo quarto, todas as figuras que ilustram o sistema contêm dados fictícios e meramente ilustrativos; os dados reais serão tratados e migrados ao novo sistema durante a implementação.

Figura 16: Base de histórico de compras

Referência Produto	Descrição	Data	Quantidade
0002386XG	Camisa Oficial 1 G	02/10/2020	3
0002386XM	Camisa Oficial 1 M	02/10/2020	2
0002457AX	Chaveiro campeão	09/10/2020	5

Fonte: Extraído do SI desenvolvido

Na aba de características do produto são registrados, para todos os SKU, todos os parâmetros necessários para execução do método de gestão de estoques, ou seja: custo unitário (CMV), taxa de entrega (*A*), *lead time* (*L*) e classificação ABC. Atualmente, como para o registro de vendas, a WBlue já é capaz de produzir um relatório que discrimina todos os SKUs, incluindo CMV e classificação ABC. Durante a etapa de implementação, serão coletadas as

informações referentes à taxa de entrega (em reais por pedido) e ao *lead time* (em semanas). A Figura 17 ilustra a estrutura dessa aba.

Figura 17: Base de características dos produtos

Referência Produto	Descrição	Fornecedor	Preço	Classificação	Tempo de Entrega	Valor Frete
0002386XG	Camisa Oficial 1 G	SportLife	59.90	A	4	30.00
0002386XM	Camisa Oficial 1 M	SportLife	59.90	A	4	30.00
0002457AX	Chaveiro campeão	ABJ Atacado	1.90	C	3	30.00

Fonte: Extraído do SI desenvolvido

### 5.2.1.2 Controle de parâmetros

Essa aba permite o controle dos parâmetros de referência adotados para o modelo de gestão de estoque, que são dois: os fatores de segurança segundo classificação ABC e o custo sintético de estocagem. Na Figura 18 reproduzimos na íntegra essa aba, com os valores de referência apontados na seção anterior.

Figura 18: Aba de controle de parâmetros

Painel de Controle			
Estoque de segurança			
Tipo de produto	Probabilidade de não perder vendas		Fator de segurança
A	95%		1.64
B	80%		0.84
C	70%		0.52
Custo de estocagem			20%

Fonte: Extraído do SI desenvolvido

O cálculo do fator de segurança a partir da probabilidade de não se perderem vendas é feito pela função *NORM.S.INV*, já incluída no *Excel*, que retorna o *quantil* da distribuição normal padrão associado a uma probabilidade.

### 5.2.1.3 Visualização e previsão da demanda

Como exposto na seção de objetivos do capítulo quarto, a gestora da WBlue solicitou que a interface de visualização do histórico recente seja simples e clara, e que as previsões sejam realizadas na mesma aba.

Na seção anterior, estabelecemos que há dois processos de previsão distintos envolvidos no modelo de gestão de estoques: a previsão do nível semestral de vendas durante a revisão semestral da política de estoques, que produz os períodos de revisão de cada SKU; e a previsão da demanda até a próxima medida de estoque, quando da realização do próximo pedido. Logo, há uma aba para a revisão semestral, denominada *Projeção semestral*, e uma aba para a revisão periódica, denominada *Projeção vendas*.

#### 5.2.1.3.1 Aba de Projeção semestral

Nesta aba calcula-se para cada SKU o volume de vendas mensal dos últimos doze meses, que é extraído da base de vendas, para que a gestora da WBlue estime e calcule a demanda mensal para os próximos seis meses. A partir dessa previsão, será calculado, em outra aba, que será descrita mais a frente, o período de revisão de cada SKU. Na Figura 19 ilustramos a estrutura dessa aba, supondo que a revisão semestral é feita no final do mês de junho. As células amarelas indicam onde é feita a previsão de demanda.

Figura 19: Aba de Projeção semestral

Referência Produto	Descrição	Histórico												Previsão					
		Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0002386XG	Camisa Oficial 1 G	3	3	3	4	1	3	1	1	5	5	2	3						
0002386XM	Camisa Oficial 1 M	7	2	3	6	2	4	4	1	5	0	2	3						
0002457AX	Chaveiro campeão	5	5	2	13	12	3	12	14	1	14	10	14						

Fonte: Extraído do SI desenvolvido

Para simplificar a utilização dessa aba, a célula do mês de junho contém a função TODAY, que retorna a data atual; os meses anteriores e posteriores são inferidos a partir dessa célula. Esse procedimento permite que a aba se atualize automaticamente. Assim, se a revisão fosse feita em julho, o histórico iria de agosto a julho, e a previsão de agosto a janeiro.

#### 5.2.1.3.2 Aba de Projeção vendas

Essa aba tem estrutura análoga à aba de Projeção semestral, mas com intervalos semanais. Nela, a gestora deve computar, no momento de revisão dos níveis de estoque, a demanda esperada até a próxima revisão. Esses valores serão usados para calcular a quantidade a ser pedida, que é dada em outra aba.

Na Figura 20 ilustramos de maneira simplificada a estrutura dessa aba, supondo que é momento de revisão dos dois primeiros produtos, mas não do terceiro, e que os dois primeiros

produtos têm período de revisão igual a quatro semanas e *lead time* de uma semana. A única diferença dessa figura em relação à planilha desenvolvida é o número de semanas no histórico, que é de 26 semanas na planilha real.

Figura 20: Aba de Projeção de vendas

Referência	Produto	Descrição	Histórico					Previsão						
			01-May	08-May	15-May	22-May	29-May	05-Jun	12-Jun	19-Jun	26-Jun	03-Jul	10-Jul	17-Jul
0002386XG		Camisa Oficial 1 G	1	1	5	5	2	3						x
0002386XM		Camisa Oficial 1 M	4	1	5	0	2	3						x
0002457AX		Chaveiro campeão	12	14	1	14	10	14	x					

Fonte: Adaptado do SI desenvolvido

Da mesma maneira que para a aba de Projeção semestral, a aba de projeção de vendas também se atualiza automaticamente pelo uso da função TODAY. Ademais, as marcações “x” que indicam quais produtos serão pedidos, também são atualizadas automaticamente.

#### 5.2.1.4 Cálculos e apresentação de resultados

No método de gestão de estoques proposto, os dois parâmetros de controle são calculados separadamente, em momentos distintos.

Os períodos de revisão de cada SKU são definidos no momento da revisão semestral, a partir da previsão mensal de demanda para os próximos meses, que é calculada na aba Projeção semestral. Os períodos de revisão são fornecidos diretamente, sem mostrar etapas intermediárias. Mostramos a estrutura dessa aba na Figura 21. Nas células de cor verde, são calculados os períodos de revisão pela combinação de fórmulas do próprio *Excel*. Os períodos de revisão são dados em semanas.

Figura 21: Aba de cálculo do período de revisão

Referência	Produto	Descrição	Período de revisão
0002386XG		Camisa Oficial 1 G	4
0002386XM		Camisa Oficial 1 M	4
0002457AX		Chaveiro campeão	8

Fonte: Extraído do SI desenvolvido

Já o nível de estoque desejado, que determina a quantidade a ser pedida, é calculado a partir das previsões semanais de demanda da aba Projeção vendas. A Figura 22 ilustra a estrutura dessa aba, assumindo como antes, que é o momento de revisão dos dois primeiros produtos, mas não o do terceiro. Nas células de cor verde, são calculados os níveis de estoque desejados

para os produtos que serão pedidos nessa revisão usando uma combinação de fórmulas do próprio *Excel*, sem mostrar resultados intermediários. A marcação “x” indica os produtos que não serão pedidos naquele momento; essas marcações são atualizadas automaticamente.

Figura 22: Aba de cálculo do estoque-alvo

Referência Produto	Descrição	Estoque-alvo
0002386XG	Camisa Oficial 1 G	18
0002386XM	Camisa Oficial 1 M	14
0002457AX	Chaveiro campeão	x

Fonte: Extraído do SI desenvolvido

Notamos que os estoques dos produtos que serão pedidos são medidos no dia que se calcula o estoque-alvo ( $S$ ), e a quantidade a ser pedida é simplesmente a diferença entre o estoque-alvo e o estoque atual.

### 5.2.2 Descrição processual

Nesta seção descrevemos a utilização do SAD desenvolvido, listando as diferentes etapas a serem realizadas. A operacionalização do método de gestão de estoques proposto à WBlue implica dois processos distintos: um de revisão semestral, que estabelece o período entre revisões de estoque de cada SKU para o próximo semestre; e um de revisão dos níveis de estoque e realização dos pedidos.

Para a revisão semestral, há quatro etapas:

- (1) Atualização da base de histórico de compras a partir do relatório de vendas emitido pelo sistema de controle de caixa;
- (2) Atualização da base de produtos a partir do relatório de características do produto também emitido pelo sistema de controle de caixa, completado manualmente com o *lead time* e o frete (essa etapa só deve ser realizada no caso de novos produtos ou se houver mudança no tempo e taxa de entrega);
- (3) Cálculo da previsão semestral da demanda por cada SKU na aba de Planejamento semestral;
- (4) Leitura dos períodos de revisão na aba dos períodos de revisão.

Já para a revisão dos níveis de estoque e realização dos pedidos, há igualmente quatro etapas, sendo que as duas primeiras são idênticas às do processo de revisão semestral.

- (1) Atualização da base de histórico de compras a partir do relatório de vendas emitido pelo sistema de controle de caixa;
- (2) Atualização da base de produtos a partir do relatório de características do produto também emitido pelo sistema de controle de caixa, completado manualmente com o *lead time* e o frete (essa etapa só deve ser realizada no caso de novos produtos ou se houver mudança no tempo e taxa de entrega);
- (3) Cálculo da previsão semanal de vendas para os SKUs envolvidos na revisão para o período até a próxima revisão;
- (4) Leitura das quantidades do estoque-alvo.

Paralelamente a esses dois processos, os parâmetros relativos ao custo de estocagem e aos fatores de segurança podem ser alterados *ad hoc* na aba do painel de controle.



## 6 PLANO DE TENTATIVO DE IMPLEMENTAÇÃO

Como indicado, a implementação do SI proposto se dará no início de 2021, quando haverá maior disponibilidade da gestora e dos funcionários da WBlue. Nossa proposta é que poderemos implementar esse sistema em pouco menos de um mês, idealmente iniciando em janeiro de 2021.

Há três atividades previstas para essa implementação, apresentadas a seguir de maneira sequencial:

- Consolidação do histórico de vendas: indicamos no capítulo quarto que WBlue mudou seu sistema de controle de caixa em janeiro de 2020. Assim, consolidaremos os históricos de vendas de 2016 a 2019, emitido pelo antigo sistema, com o de 2020, emitido pelo novo sistema. Finalmente, iremos adicionar todas essas informações à base de pedidos do SI desenvolvido. Estimamos que, com apoio adequado da empresa, essa atividade possa ser realizada em uma semana.
- Coleta e consolidação de informações de frete e de tempo de entrega: a WBlue não tem registros sistemáticos da taxa de frete cobrada por cada fornecedor (muitos inclusive embutem o preço de entrega no CMV) e tampouco do tempo de entrega geralmente realizado. Assim, iremos consultar cada um dos fornecedores da WBlue para coletar, se possível, o custo exato do frete. Ademais, consolidaremos essas informações bem como as de tempo de entrega na base de produtos do SI desenvolvido. Estimamos que essa etapa possa ser realizada concomitantemente à consolidação do histórico de vendas, e não deve demorar mais de uma semana e meia para ser realizada (o acréscimo de meia semana em relação à etapa anterior se dá pela dependência de disponibilidade dos fornecedores);
- Validação das hipóteses de modelagem: com todos os dados tratados e armazenados verificaremos a validade das hipóteses de modelagem mais relevantes: o tratamento do desvio-padrão da demanda projetada proposto por Naddor (1987), pode apresentar pouca robustez estatística em alguns casos, assim uma verificação empírica é necessária); nossos valores de referência para os fatores de segurança e para o custo sintético de armazenagem devem ser validados contra os níveis médios de estoque e a quantidade pedida (essa última com foco particular no dimensionamento do estoque de segurança). Essa etapa de validação é mais delicada, e depende de um

exercício prolongado junto à gestora da WBlue. Assim, planejamos realizar essa etapa em duas semanas.

Ao término dessas etapas, o sistema estará teoricamente funcional. Nesse momento, será realizada a primeira revisão semestral, que fornecerá os períodos de revisão dos SKUs, bem como os primeiros pedidos. O autor acompanhará essa primeira utilização, de modo a garantir o funcionamento adequado do SI bem como a familiarização da gestora com o novo sistema.

## 7 CONCLUSÃO

Este é o capítulo de fechamento deste Trabalho de Formatura e é composto não só por uma síntese do que foi realizado, mas também por uma ponderação quanto aos riscos envolvidos na implementação do sistema desenvolvido, e, finalmente, por uma reflexão pessoal do autor acerca deste Trabalho de Formatura no tocante aos aprendizados incorridos.

Iniciemos pela síntese do trabalho realizado, que compreendeu o desenvolvimento de sistema de apoio à tomada de decisão em gestão de estoques para a WBlue, que opera duas lojas de artigos de vestuário esportivo. Junto à gestora da empresa, identificamos três objetivos específicos para o sistema de gestão de estoques proposto: redução do volume de vendas perdidas, redução do número total de pedidos realizados e finalmente a simplificação do processo de gestão de estoque em si.

Propusemos um método de gestão de estoques baseado na revisão periódica simples dos níveis de estoque, ou seja, o estoque é medido e os pedidos são realizados com uma frequência determinada semestralmente para todos os produtos.

Para operacionalizar esse método de gestão de estoques, desenvolvemos um sistema de apoio à decisão, na forma de uma planilha eletrônica em *Microsoft Excel*. Devido a uma conjuntura desafiadora de escassez de tempo agravada pela pandemia do Covid-19, entre outros fatores, fez com que o volume de dados disponibilizados para o desenvolvimento em si fosse bastante reduzido. A implementação desse sistema, que compreende a coleta e tratamento de um grande volume de dados bem como a validação de nossas hipóteses de modelagem será realizada no início de 2021; desenvolvemos um plano tentativo para tais atividades.

Essa forma de proceder ocasionou um aumento considerável dos riscos associados ao sistema desenvolvido, uma vez que as hipóteses adotadas foram validadas somente de maneira qualitativa pela gestora das lojas.

Finalmente, acreditamos que o principal aprendizado desenvolvido na realização desse trabalho foi a importância de fundamentar já de partida a resolução de um problema real de engenharia nas limitações e particularidades reais do projeto, com um senso crítico aguçado quanto ao que é viável para a empresa.

Por exemplo, após o a primeira fase de revisão da literatura, intencionávamos empregar (i) o algoritmo de Atkins e Lyogun para otimizar a coordenação de pedidos e (ii) a determinação sintética do custo de entrega a partir de curvas de equivalência; na prática, a utilização desses métodos mais sofisticados foi inviável por ausência de dados utilizáveis e grande dissonância em relação à realidade operacional da WBlue.

Acreditamos que, dadas as circunstâncias extremamente desafiadoras, a realização deste Trabalho de Formatura cumpriu adequadamente sua função de transição do papel de aluno ao seu papel de Engenheiro de Produção.



## REFERÊNCIAS

- ARNOLD, J. R.. **Administração de Materiais: Uma Introdução**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- ATKINS, D.; LYOGUN, P.. **Periodic versus “can-order” policies for coordinated multi-item inventory systems**. Management Science. 1988; 34(6):791-796.
- CHURCHMAN, C. W.. **Introdução à teoria dos sistemas**. São Paulo: Editora Vozes, 2015.
- FERREIRA, A. B. H.. **Dicionário Aurélio da língua portuguesa**. São Paulo: Editora Positivo, 2010.
- HOPP, W. J.; SPERAMAN, M. L.. **Factory physics**. 3 ed. Long Grove: Waveland Press, 2011.
- IBGE. **Pesquisa Anual de Comércio 2017 e Série Atualizada de 2015-2016**. 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pac/quadros/brasil/2017>>. Acesso em: 04 nov. 2020.
- IUDÍCIBUS, S. (org). **Contabilidade Introdutória/ Equipe de professores da FEA-USP**. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- LAUDON, J.; LAUDON, K.. **Sistemas de informações gerenciais**. Tradução de Luciana do Amaral Teixeira 9. ed. São Paulo: Pearson, 2004.
- LUSTOSA, L.; MESQUITA, M.A.; QUELHAS, O.; OLIVEIRA, R.. **Planejamento e Controle da Produção**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- MATTAR, F. N.. **Administração de Varejo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- MCGEE, V.E.; PYKE, D. F.. **Periodic production scheduling at a fastener manufacturer**. International Journal of Production Engineering. 1996; 46-47: 65-87.
- MELO, P. L. R.; ANDREASSI, T. (Org.). **Franquias Brasileiras: Estratégia, Empreendedorismo, Inovação e Internacionalização**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

NADDOR, E.. **Sensitivity to distributions in inventory systems**. Management Science. 1978; 24(16): 1769–1772.

POWER, D. J.. **Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers**. Santa Barbara: Greenwood/Quorum, 2002.

REYNOLDS, G.W.; STAIR, R.M.. **Princípios de sistemas de informação**. Tradução de Harue Avritscher. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

SEBRAE.. **Comércio: Varejo de Moda**. 2016. Disponível em: <[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chrnus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/011e2bc3eb382604afbcc7c96629cb/\\$File/7485.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chrnus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/011e2bc3eb382604afbcc7c96629cb/$File/7485.pdf)>. Acesso em: 04 nov. 2020.

SECCO, L. A.. **A alma, o coração e o cérebro do varejo**. Rio de Janeiro: Lacre, 2019.

SEREF, M. M. H.; AHUJA, R. K.; WINSTON, W. L.. **Developing spreadsheet-based decision support systems: Using Excel and VBA for Excel**. 2. ed. Belmont: Dynamic Ideas, 2007.

SILVER, E. A.; PYKE, D.F.; THOMAS, D. J.. **Inventory and production management in supply chains**. 4. ed. Boca Raton: CRC Press, 2017.

SOUZA, M. G. (org.). **Mercado & consumo: O presente e o futuro do varejo**. São Paulo: Gouveia de Souza, 2009.

VEIGA, C. P.; VEIGA, C. R. P.; SATO, K. H.; TORTATO, U.. **Estratégia de Planejamento do Sortimento: Um Estudo de Caso do Varejo de Alimentos no Brasil**. RAD Vol.13, n.1, Abr. 2011, p.01-24, 2011.