

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE
PRODUÇÃO

Daniel Mezzomo Halmenschlager

APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PREVISÃO
DE DEMANDA E GESTÃO DE ESTOQUES
EM UM HOSPITAL PÚBLICO DE ENSINO
SUPERIOR

Porto Alegre

2022

Daniel Mezzomo Halmenschlager

**Aplicação de Técnicas de Previsão de Demanda e Gestão de Estoques em um Hospital
Público de Ensino Superior**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, modalidade Profissional, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Professor Dr. Michel José Anzanello, *Ph. D.*

Porto Alegre

2022

Daniel Mezzomo Halmenschlager

**Aplicação de Técnicas de Previsão de Demanda e Gestão de Estoques em um Hospital
Público de Ensino Superior**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção na modalidade Profissional e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof. Michel José Anzanello, *Ph. D.*

Orientador PMPEP/UFRGS

Prof. Ricardo Augusto Cassel, *Ph. D.*

Coordenador PMPEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor Ricardo Augusto Cassel, *Ph. D.* (PMPEP/UFRGS)

Professor Igor Carlos Pulini, Dr. (IFES - Colatina)

Professor Vicente Castelo Branco Leitune, *Ph. D.* (PPGODO/UFRGS)

Dedicatória

Dedico este trabalho à família, especialmente aos meus pais, que sobreviveram à pandemia e jamais deixaram de me apoiar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor Michel pela colaboração, confiança e orientação no decorrer da dissertação. Agradeço, também, aos demais professores do Programa de Pós-Graduação da Engenharia de Produção da UFRGS pelo incentivo e conhecimentos compartilhados neste período.

Agradeço à Direção da Faculdade de Odontologia da UFRGS pela confiança depositada no meu trabalho nos últimos anos, e por ter me dado a oportunidade de desenvolver o presente estudo na Unidade. Faço um agradecimento especial, também, aos meus colegas de trabalho da UFRGS, pela contribuição para a realização da pesquisa acadêmica.

A todos os demais familiares e amigos que, direta ou indiretamente, me ajudaram e me apoiaram na execução deste trabalho.

RESUMO

O constante desenvolvimento de métodos e sistemas de gestão é fator determinante para as empresas se manterem competitivas no mercado atual, haja vista que o ambiente dos negócios apresenta inúmeros desafios aos gestores. No âmbito da administração pública, a gestão acurada de materiais permite, dentre outros, a manutenção de níveis adequados de estoque capazes de atender à demanda de materiais nas atividades finalísticas dos órgãos públicos e reduzir custos de um modo geral. A presente dissertação oferece abordagens com vistas ao aprimoramento da previsão de demanda e da gestão de estoques em uma Instituição de Ensino Superior (IES) que administra um Hospital de Ensino cujas aquisições de materiais odontológicos são regidas pelas legislações de licitações. Para tanto, no artigo 1, propõe-se um método de seleção de métodos quantitativos de previsão de demanda dos principais materiais em estoque da instituição, o qual se apoia em duas etapas: na primeira, é realizada a priorização dos materiais através de uma modificação da tradicional curva ABC, na qual é incluído um termo de criticidade de falta dos materiais; na segunda etapa são conduzidos testes com os métodos quantitativos concorrentes com vistas a identificar o método que conduz ao menor erro de predição (medido através do MAPE – Mean Absolute Percentage Error) em uma porção de teste. Já com foco na gestão de inventários, o artigo 2 propõe uma sistemática para gerenciamento de estoque de embalagens para esterilização apoiada na simulação de Monte Carlo. As etapas operacionais são: (i) Coleta e análise dos dados; (ii) Desenvolvimento da modelagem; e (iii) Simulação de cenários alternativos. A simulação proposta, que objetivou maximizar o nível de serviço (medido através da disponibilidade de itens quando demandados) e minimizar o volume de itens armazenados, gerou políticas consideradas coerentes quando avaliadas por especialistas de processo.

Palavras-chave: Previsão de Demanda, Administração Pública, Simulação de Monte Carlo, Gestão de Estoques.

ABSTRACT

The business environment represents several challenges to managers, as companies must stay competitive in the current market. To that extent, the constant development of management systems and methods is a determining factor. In the context of public administration, an accurate management of materials provided by such development is key to maintain adequate levels of inventory capable of meeting the demand in the final activities of public agencies, while generally reducing costs. This dissertation offers strategies on improving demand estimation and inventory management in a Higher Education Institution (HEI) that manages a Teaching Hospital, whose acquisitions of dental materials are governed by bid regulations. In Article 1, we propose a method for estimating the quantitative demand of the main materials in stock for the institution, based on two stages: in the first, the prioritization of materials is performed through a modification of the traditional ABC curve, including a criticality analysis of the lack of materials observed; in the second step, tests are conducted with competing quantitative procedures to identify the method that leads to the smallest prediction error (measured via MAPE – Mean Absolute Percentage Error) in a test run. Already focused on inventory management, Article 2 proposes a system of packaging for sterilization, supported by Monte Carlo simulation. The operational steps are: (i) Data collection and analysis; (ii) Development of modeling; and (iii) Simulation of alternative scenarios. The proposed simulation aimed at maximizing the level of service (measured through the availability of items when demanded) and minimizing the volume of stored items. This process then generated policies evaluated as coherent by process specialists.

Key words: Demand Forecast, Public Administration, Monte Carlo Simulation, Inventory Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Gráfico da Curva ABC.....	23
Figura 2: Curva ABC do estudo	35
Figura 3: Gráfico modelo preditivo Holt-Winters aditivo do Papel Toalha.....	37
Figura 4: Gráfico modelo preditivo Holt-Winters multiplicativo do Papel Toalha	37
Figura 5: Gráfico modelo preditivo ARIMA do Papel Toalha.....	37
Figura 6: Gráfico modelo preditivo Média Móvel do Papel Toalha	37
Figura 7: Gráfico do modelo preditivo de dados desagregados do Papel Toalha no modelo HWA	39
Figura 8: Gráfico do modelo preditivo de dados desagregados do Papel Toalha no modelo HWM.....	39
Figura 9: Gráfico do modelo preditivo de dados desagregados do Papel Toalha no modelo ARIMA.....	39
Figura 10: Gráfico do modelo preditivo de dados desagregados do Papel Toalha no modelo Média Móvel	39
Figura 11: Gráfico da previsão de demanda do Papel Toalha.....	40
Figura 12: Gráfico da previsão de demanda da Gaze	40
Figura 13: Gráfico da previsão de demanda do Kit Cirúrgico	41
Figura 14: Gráfico modelo preditivo Holt-Winters aditivo da Gaze.....	46
Figura 15: Gráfico modelo preditivo Holt-Winters multiplicativo da Gaze	46
Figura 17: Gráfico modelo preditivo Média Móvel da Gaze	46
Figura 18: Gráfico modelo preditivo Holt-Winters aditivo do Kit Cirúrgico	47
Figura 19: Gráfico modelo preditivo Holt-Winters multiplicativo do Kit Cirúrgico.....	47
Figura 20: Gráfico modelo preditivo ARIMA do Kit Cirúrgico	47
Figura 21: Gráfico modelo preditivo Média Móvel do Kit Cirúrgico.....	47
Figura 22: Gráfico modelo preditivo desagregado Holt-Winters aditivo da Gaze.....	47
Figura 23: Gráfico modelo preditivo desagregado Holt-Winters multiplicativo da Gaze	47
Figura 24: Gráfico modelo preditivo desagregado ARIMA da Gaze.....	48
Figura 25: Gráfico modelo preditivo desagregado Média Móvel da Gaze	48
Figura 26: Gráfico modelo preditivo desagregado Holt-Winters aditivo do Kit Cirúrgico	48
Figura 27: Gráfico modelo preditivo desagregado Holt-Winters multiplicativo do Kit Cirúrgico	48
Figura 28: Gráfico modelo preditivo desagregado ARIMA do Kit Cirúrgico	48
Figura 29: Gráfico modelo preditivo desagregado Média Móvel do Kit Cirúrgico.....	48
Figura 30: Gráfico custo total de estoque.....	55

Figura 31: Gráfico perfil de demanda do Papel Grau Cirúrgico 40cm	67
Figura 32: Histograma da demanda do período de pico	68
Figura 33: Histograma da demanda do período de recesso	68
Figura 34: Gráfico do Cenário 1	70
Figura 35: Gráfico do Cenário 2	71
Figura 36: Gráfico do Cenário 3	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Etapas para a aplicação da Curva ABC	22
Tabela 2: Resultado Geral da Classificação ABC	35
Tabela 3: Classe A da Classificação ABC.....	35
Tabela 4: Demanda mensal do Papel Toalha.....	36
Tabela 5: MAPE para porção de teste de cada modelo preditivo para os produtos no passo 138	
Tabela 6: Demanda agregada em bimestres do Papel Toalha	38
Tabela 7: Percentual de contribuição mensal para desagregação de dados.....	38
Tabela 8: MAPE para porção de teste de cada modelo preditivo para os produtos no passo 238	
Tabela 9: comparação de MAPE de dados na base mensal versus bimestral (pós-desagregação)	39
Tabela 10: Demanda mensal da Gaze.....	46
Tabela 11: Demanda mensal do Kit Cirúrgico	46
Tabela 12: Demanda agregada em bimestres da Gaze	49
Tabela 13: Demanda agregada em bimestres do Kit Cirúrgico.....	49
Tabela 14: Arranjo da planilha da simulação	64
Tabela 15: Consumo histórico de grau cirúrgico	66
Tabela 16: Dados sobre as demandas históricas semanais a serem modeladas.....	67
Tabela 17: dados sobre as demandas históricas semanais a serem modeladas	69
Tabela 18: resultados da simulação de Monte Carlo.....	69
Tabela 19: Resultados dos cenários alternativos para o estudo.....	71

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 Objetivos.....	13
1.2 Justificativa do tema e dos objetivos	13
1.3 Procedimentos Metodológicos	15
1.4 Delimitações do trabalho	16
1.5 Estrutura do trabalho	17
1.6 Referências	17
2. PRIMEIRO ARTIGO: MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA DE MATERIAIS APLICADO EM UM HOSPITAL DE ENSINO PÚBLICO.....	19
2.1 Introdução	19
2.2 Referencial teórico.....	21
2.2.1 Classificação de Materiais	21
2.2.2 Previsão de Demanda	23
2.2.2.1 Modelos temporais de previsão de demanda.....	24
2.2.2.1.1 Média Móvel.....	25
2.2.2.1.2 Métodos de Suavização Exponencial	25
2.2.2.1.2.1 Suavização Exponencial de Holt	26
2.2.2.1.2.2 Suavização Exponencial de Holt-Winters	27
2.2.2.1.2.3 Método de Box-Jenkins (ARIMA).....	28
2.2.2.2 Medidas de precisão dos modelos preditivos	29
2.2.3 Previsão de Demanda aplicado a organizações públicas regidas por licitações	29
2.3 Metodologia.....	31
2.3.1 Etapa 1 - Classificação dos Materiais.....	31
2.3.1 Etapa 2 - Previsão de Demanda	32
2.3.1.1 Passo 1 - Modelagem em base mensal	32
2.3.1.2 Passo 2 - Modelagem em base bimestral.....	33
2.3.1.3 Passo 3 - Geração das previsões de demandas futuras	33
2.4 Resultados e Discussão.....	34
2.5 Conclusões.....	41
2.6 Referências	42
APÊNDICE A - Demanda Mensal de Materiais	46
APÊNDICE B - Gráficos de modelos preditivos	46
APÊNDICE C - Dados de consumo agregados em bimestre	49
3. SEGUNDO ARTIGO: GESTÃO DE ESTOQUE REGIDA POR LICITAÇÃO EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR VIA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	50
3.1 Introdução.....	50

3.2 Referencial Teórico	52
3.2.1 Aspectos básicos de estoques	52
3.2.2 Modelos de gestão de estoques.....	55
3.2.3 Gestão de compras governamentais	57
3.2.4 Simulação de Monte Carlo	58
3.3 Passos da abordagem proposta	60
3.3.1. Etapa 1 - Coleta e análise dos dados.....	61
3.3.2 Etapa 2 - Desenvolvimento da modelagem	61
3.3.3 Etapa 3 - Simulação de cenários alternativos	64
3.4 Resultados e discussão.....	64
3.5 Conclusões.....	73
3.6 Referências	74
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	80

1. INTRODUÇÃO

Diante da alta competitividade no mercado atual, as organizações necessitam de melhoria contínua nos seus processos a fim aproveitar melhor o capital investido. Para tanto, buscam abordagens e técnicas que possam agilizar a tomada de decisões e, conseqüentemente, melhorar o nível de serviço prestado. Dentro deste contexto, a gestão de estoques tornou-se uma necessidade para as organizações, pois se apresenta como parte essencial das ações de gerenciamento. Dias (2010) enfatiza que a ausência de uma política de gestão de materiais pode inviabilizar a operação de uma empresa, pois o estoque funciona como amortecedor entre os vários estágios de produção. Para Souza e Diehl (2009), trata-se de uma visão sistêmica acerca de um processo de gestão empresarial eficiente. Conforme Gasnier (2002), estoques são usados para estabelecer quantidades a serem armazenadas ou em processos de produção de quaisquer mecanismos, com função principal de criar uma independência entre as várias etapas da cadeia produtiva.

Alinhada com a questão dos inventários, a previsão de demanda auxilia na previsibilidade de itens e na definição de quantitativo de materiais para aquisições futuras. Essa maior precisão nas atividades de compra visa aumentar o nível de serviço das organizações, reduzindo a insatisfação dos usuários e minimizando gastos e compras desnecessárias. Para Hill (1994), a existência de um processo de previsão de demanda permite que as estratégias de produção sejam satisfatoriamente operacionalizadas. Entretanto, de acordo com Samohyl et al. (2008), realizar previsões tem sido um desafio cada vez maior para as empresas por conta da ausência de métodos estruturados e organizados para tal fim. Segundo os autores, existe, inclusive, limitado conhecimento de métodos eficazes por parte dos gestores.

No âmbito da Administração Pública, as Instituições de Ensino Superior (IES), segmento de interesse deste estudo, possuem itens fundamentais de consumo, e para garantir o funcionamento apropriado da instituição, tais itens devem sempre estar disponíveis, para evitar escassez (falta) de material e desperdícios com compras excessivas. A gestão de estoques se concentra em evitar os desperdícios provocados pelo excesso ou falta de materiais, ou seja, se desenvolvida com a eficácia esperada, é um fator importante na estratégia de redução de custos da organização, pois os recursos empregados em qualquer tipo de processo produtivo são escassos.

Isto posto, novos dispositivos com a perspectiva em melhorias à gestão pública de materiais tornam-se relevantes, principalmente no que se refere ao auxílio à tomada de decisão

de gestores da administração pública, possibilitando resultados otimizados. Sendo assim, surge a necessidade de desenvolver sistemas que atendam às necessidades das organizações, e embora o assunto pareça comum, alguns fatores devem ser considerados para a elaboração de um sistema de gestão de estoques no setor público, tais como: recursos orçamentários disponíveis, tempo de entrega, processos licitatórios, previsão de consumo, nível máximo de estoque, relevância e criticidade dos materiais, entre outros.

1.1 Objetivos

A dissertação versa sobre gestão de materiais através de técnicas quantitativas de planejamento e controle de produção. O objetivo principal do estudo é aplicar técnicas de previsão de demanda e gestão de estoques com vistas a aprimorar a aquisição e armazenagem de materiais em um hospital vinculado a uma IES.

Além disso, o trabalho concilia os seguintes objetivos específicos: (i) aplicar técnicas de seleção de métodos quantitativos de previsão de demanda de materiais, com a finalidade da melhoria nos processos gerenciais na administração pública; (ii) desenvolver uma sistemática de gestão de estoques apoiada na simulação de Monte Carlo, avaliando o impacto das variáveis de entrada do sistema (ponto de reposição, *lead time* e nível desejado de estoque) sobre o volume (espaço) do material em estoque, sem prejudicar os níveis de serviço requeridos pela instituição; (iii) validar as proposições em dados de um hospital vinculado a uma IES.

1.2 Justificativa do tema e dos objetivos

Na Administração Pública, as exigências atuais de aquisição de materiais estão voltadas para os processos licitatórios, restringindo cada vez mais a compra na modalidade por dispensa de licitação. Sendo assim, o planejamento deve fazer parte da administração de materiais nas Unidades Administrativas, a fim de possibilitar o célere fornecimento, na quantidade e tempo corretos. Entretanto, segundo Tridapalli et al. (2011), técnicas estruturadas para planejamento de demandas de materiais e gestão de estoques não vêm sendo praticadas no Brasil pela grande maioria de suas unidades de Governo. Em cima disso, Ballou (2006) afirma que as atividades de compras e os movimentos de estoque devem estar conectados em uma organização.

Sob a conjuntura política instável atual no Brasil, Calcagno (2019) aponta que, segundo o Ministério da Educação, todas as Universidades Federais do país sofreram cortes de 30%

(trinta por cento) em seus orçamentos. Dias (2010) afirma que, dentro de uma conjuntura econômica instável e muitas vezes adversa, é fundamental que o gerente de materiais tenha capacitação para responder às novas exigências do mercado. Segundo o autor, diante da incerteza, uma das ferramentas confiáveis e seguras para o sucesso de uma organização é a correta implantação da política de estoques.

Para a efetiva prática e realização, a pesquisa está embasada nas diretrizes do fortalecimento da capacidade institucional firmado pelo Decreto 9.739/2019 do Governo Federal que estabelece, no âmbito da administração pública federal direta, autárquica e fundacional, medidas de eficiência organizacional. De acordo com os incisos III e IV do § 1º, Art. 2º do referido Decreto, o projeto de pesquisa vincula-se: i) ao aumento da eficiência, eficácia e efetividade do gasto público e da ação administrativa; e ii) à orientação para resultados.

Portanto, este estudo justifica-se pela necessidade de endereçar os problemas e implicações decorrentes de controles internos, no gerenciamento de estoques e previsão de consumo de insumos de uma Instituição Ensino Superior. A proposta de implantação de um sistema formal de gestão de estoque e de previsão de demanda é relevante para aprimorar o controle e preservação de ativos do Órgão, visando determinar, com maior precisão, a quantidade de materiais a serem solicitados aos fornecedores, bem como o momento correto para se efetuar os pedidos de compra. Tais ações impactam substancialmente no volume de estoque a ser mantido nos centros de armazenagem, devendo-se atentar para que isso não prejudique os níveis de serviço almejados.

O nível de estoque torna-se relevante para o cenário em questão, pois a Instituição estudada apresenta restrições de espaço para armazenagem. Com isso, a minimização do volume dos materiais é fundamental, visto que a instituição armazena mais de 500 itens distintos. Além disso, a redução do espaço de almoxarifado necessário para guarda dos materiais minimiza problemas de danos aos materiais decorrentes de movimentações e deslocamentos dos colaboradores nos locais de armazenagem. Além das dificuldades quanto ao espaço físico, altos volumes de estoque incorrem no aumento de custos para a IES.

Quanto ao estudo de previsão de demanda de materiais, a pesquisa se torna relevante e necessária para a gestão da IES em questão, haja vista que auxilia na definição das estimativas de quantitativo de materiais nas aquisições futuras e no Planejamento de Anual de Aquisições. Essa maior precisão nas atividades de compra visa aumentar o nível de serviço do almoxarifado da Instituição, reduzindo a insatisfação dos usuários com a falta de insumos e com foco na

eliminação de desperdícios, como por exemplo as baixas de materiais (em virtude de vencimentos) e as compras desnecessárias. No âmbito teórico e científico, o presente estudo se torna importante, tendo em vista o limitado número de abordagens de gestão de estoques e previsão de demanda no contexto das IES disponíveis na literatura atualmente.

1.3 Procedimentos Metodológicos

A metodologia de pesquisa, conforme disposto por Reis (2010), consiste em um conjunto de etapas e processos a serem cumpridos, ordenadamente, na investigação da pesquisa e representa o passo a passo realizado da geração da pergunta a ser respondida até a obtenção da resposta, além dos meios que serão utilizados para tanto. A pesquisa é aplicada, pois busca produzir conhecimentos para aplicação prática, a fim de solucionar problemas específicos. Além disso, possui abordagem essencialmente quantitativa. De acordo com Polit et al. (2004), a pesquisa quantitativa tem suas raízes no pensamento positivista lógico, além de tender às regras da lógica e aos atributos mensuráveis da experiência humana. Para Denzin et al. (2006), o trabalho em pesquisa quantitativa é realizado a partir de um esquema livre de valores, a fim de enfatizar o ato de medir e de analisar as relações causais entre as respectivas variáveis do estudo. Segundo Richardson (1999), a pesquisa quantitativa é caracterizada pelo emprego da quantificação, tanto nas modalidades de coleta de informações quanto no tratamento delas por meio de técnicas estatísticas.

No que tange aos objetivos, a pesquisa apresenta cunho exploratório, pois visa proporcionar maior familiaridade com o problema com vistas a torná-lo explícito, segundo Kahlmeyer-Mertens et al. (2007). Quanto à técnica de coleta de dados, utilizou-se da pesquisa bibliográfica e documental. Para Lakatos e Marconi (2007), a pesquisa bibliográfica abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema estudado e sua finalidade é colocar o pesquisador em contato direto com tudo o que foi escrito (em publicações avulsas, boletins, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses) sobre determinado assunto. Segundo Vergara (2000), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído, principalmente, de livros e artigos científicos e é importante para o levantamento de informações básicas. A pesquisa documental, segundo Gil (1999), é muito semelhante à pesquisa bibliográfica. A diferença está na natureza das fontes: enquanto a bibliográfica se utiliza fundamentalmente das contribuições de diversos autores, a documental vem de materiais que não receberam, ainda, um tratamento analítico. Segundo Lakatos e Marconi (2007), a

pesquisa documental é a coleta de dados em fontes primárias, como documentos pertencentes a arquivos públicos, arquivos particulares de instituições e domicílios, e fontes estatísticas.

Quanto aos procedimentos técnicos, o trabalho se caracteriza como um estudo de caso. De acordo com Mattar (1996), o objetivo é aprofundar o conhecimento acerca de um problema não suficientemente definido, visando estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver a teoria. Segundo Yin (2001), a principal pretensão dos estudos de caso é que tenta esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou um conjunto de decisões foram tomadas, como foram implementadas e com quais resultados alcançados. Yin (2001) ressalta, ainda, que o estudo de caso favorece uma visão holística sobre os acontecimentos da vida real, destacando-se seu caráter de investigação empírica de fenômenos contemporâneos.

1.4 Delimitações do trabalho

No presente estudo, o primeiro artigo não contempla a totalidade de materiais da Instituição no desenvolvimento da metodologia para previsão de demanda futura, fazendo com que apenas os três principais itens em estoque sejam utilizados na pesquisa.

A respeito das delimitações do segundo artigo, o estudo se limita ao desenvolvimento do sistema para gestão de estoque, por intermédio da Simulação de Monte Carlo, de um modelo específico de rolo de embalagem para esterilização, o qual representa a maior demanda histórica e o maior volume em estoque, haja vista as dimensões do produto. Não faz parte do escopo da pesquisa outros tipos de embalagens e materiais do almoxarifado. Além disso, não foram abordados os custos atrelados à estocagem, haja vista a complexidade de apurar os custos em instituições públicas. O intuito do presente estudo, portanto, está em avaliar as implicações relativas ao volume de estocagem de materiais (tendo em vista as restrições de espaço de armazenagem) e ao nível de serviço ofertado da Instituição de Ensino. Além disso, a Simulação de Monte Carlo (SMC) foi desenvolvida considerando uma política de revisão periódica de estoque - não endereçando o modelo contínuo -, pois é a que mais se aproxima ao modelo de gestão de materiais da Instituição.

Por fim, as informações coletadas para as sistemáticas de ambos os artigos, mais especificamente os dados de consumo de materiais, não levaram em consideração o período pandêmico. Tal delimitação é justificada pelo objetivo maior do estudo, que é avaliar a demanda e os estoques em condições normais de operação do Hospital da IES.

1.5 Estrutura do trabalho

A dissertação está organizada em quatro capítulos. O primeiro capítulo introduz o trabalho, apresentando os objetivos e as justificativas, bem como o método de pesquisa adotado e as suas delimitações. O segundo capítulo apresenta o primeiro artigo desenvolvido, que propõe a previsão de demanda de materiais do Hospital de Ensino. O terceiro capítulo, por sua vez, apresenta o segundo artigo da dissertação, cujo foco está no estudo da gestão de estoques em Organizações Públicas em que as políticas de compras são regidas por processos licitatórios. O quarto e último capítulo traz as conclusões do trabalho, no qual são avaliados os principais resultados frente aos objetivos almejados.

1.6 Referências

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616p., 28cm.

BRASIL. Decreto nº 9.739, de 28 de março de 2019. Estabelece medidas de eficiência organizacional para o aprimoramento da administração pública federal direta, autárquica e fundacional, estabelece normas sobre concursos públicos e dispõe sobre o Sistema de Organização e Inovação Institucional do Governo Federal - SIORG. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9739.htm. Acesso em: 5 jul. 2020.

CALCAGNO, Luiz. **Corte geral de 30% nos orçamentos das universidades federais**. Correio Braziliense, 01/05/2019. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/politica/2019/05/01/interna_politica,752508/corte-geral-de-30-nos-orcamentos-das-universidades-federais.shtml. Acesso em: 1 jul. 2020.

DENZIN, N. K. et al. **O Planejamento da Pesquisa Qualitativa: Teoria e Abordagens**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 432 p.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de Materiais: uma abordagem logística**. 4. Ed. 22. Reimp. São Paulo: Atlas, 2010.

GASNIER, Daniel Georges. **Dinâmica dos Estoques**. São Paulo: IMAN, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

HILL, T. **Manufacturing strategy: text and cases**, 2ª ed., Irwin, Boston, MA, 1994.

KAHLMAYER-MERTENS, R. S et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 1 ed. Rio de Janeiro: FGV, 2007. 140p.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. 5. reimp. São Paulo: Atlas, 2007.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de Marketing: Metodologia e Planejamento**. São Paulo: Atlas, 1996.

POLIT, D. F.; BECK, C. T.; HUNGLER, B. P. **Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização**. Trad. de Ana Thorell. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

REIS, F. L. dos. **Como elaborar uma dissertação de mestrado**. Lisboa: Pactor, 2010.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

SAMOHYL, R. W.; SOUZA, G.; MIRANDA, R. **Métodos Simplificados de Previsão Empresarial**, Editora Ciência Moderna do Rio de Janeiro, 2008.

SOUZA, Marco Antônio de; DIEHL, Carlos Alberto. **Gestão de custos: uma abordagem integrada entre contabilidade, engenharia e administração**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

TRIDAPALLI, J. P.; FERNANDES, E.; MACHADO, W. V. **Gestão da cadeia de suprimento do setor público: uma alternativa para controle de gastos correntes no Brasil**. Revista de Administração Pública, [s.l.], v. 45, n. 2, p.401-433, abr. 2011.

VERGARA, Sylvia C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Método**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

2. PRIMEIRO ARTIGO: MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA DE MATERIAIS APLICADO EM UM HOSPITAL DE ENSINO PÚBLICO

Daniel Mezzomo Halmenschlager

Michel José Anzanello

Resumo

As Instituições de Ensino Superior (IES) costumam manter estoques de materiais de consumo para utilização nas atividades diárias. Geralmente, os gestores de almoxarifados encontram dificuldades para definir a quantidade adequada a ser adquirida de cada produto. O objetivo deste artigo é propor a estruturação de um modelo de sistema de previsão de demanda com o intuito de colaborar para o planejamento anual de aquisições de uma IES Federal. O início da pesquisa pautou-se na realização da classificação dos materiais do almoxarifado objeto de estudo, a fim de identificar os produtos mais relevantes. Uma adaptação da curva ABC, com vistas a considerar a criticidade da escassez de determinado item, foi utilizada para priorização de três itens a serem analisados. Na sequência, foram coletados dados históricos de consumo dos respectivos produtos e, posteriormente, realizou-se a modelagem das séries temporais com base em quatro modelos de previsão: média móvel, *holt-winters* aditivo, *holt-winters* multiplicativo e ARIMA. O modelo escolhido foi identificado através do menor valor de *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Os resultados apontam o modelo ARIMA como melhor alternativa para predição de consumo dos produtos em questão. Por fim, entende-se que o método proposto pode ser plenamente utilizado no contexto de organizações públicas regidas por processos licitatórios de compras.

Palavras-chave: Previsão de demanda, Administração Pública, Análise de séries temporais.

2.1 Introdução

No Brasil, muitas Instituições de Ensino Superior (IES) oferecem cursos que se apoiam em disciplinas práticas para a formação dos discentes. Contudo, neste ambiente de atividade prática, além das IES necessitarem de recursos humanos qualificados, requerem a disponibilização de material de consumo para a prática do ensino nas Unidades. Na

Administração Pública, atualmente, as exigências de aquisição de materiais estão voltadas para os processos licitatórios (preferencialmente na modalidade Pregão Eletrônico), restringindo cada vez mais a compra na modalidade por Dispensa de Licitação.

De acordo com Lanna (2011), a principal missão do gestor de almoxarifado é evitar a falta de materiais. Dentro deste contexto, a falta de recursos materiais pode prejudicar o processo de aprendizagem dos alunos. Sendo assim, o planejamento deve fazer parte da administração de materiais nas Unidades Administrativas, a fim de que os produtos estocados estejam permanentemente cobertos de licitação vigente, a fim de possibilitar o célere fornecimento, na quantidade e tempo corretos. Além disso, os Órgãos Públicos devem realizar o Planejamento de Anual de Aquisições, objetivando a melhor utilização dos recursos públicos, com foco na eliminação de desperdícios e dos gastos desnecessários. Dentro deste contexto, Barbieri e Machline (2006) afirmam que a previsão de demanda é fundamental no processo de administração de materiais. Dias (2008) é mais enfático e afirma que a previsão é o ponto de partida de todo o planejamento.

De tal forma, o presente artigo propõe uma sistemática baseada em previsão de demanda de materiais de um Hospital de Ensino Odontológico localizado em uma IES Federal no Rio Grande do Sul, com vistas ao planejamento de aquisições do Órgão. Sendo assim, o estudo do presente artigo concentra-se em duas etapas distintas, mas que se complementam: (i) a primeira realiza a classificação de materiais do almoxarifado do Hospital de Ensino, a fim de identificar os itens mais relevantes em estoque. Para tanto, uma modificação da tradicional regra de priorização ABC é proposta através da inserção de um indicador que quantifica a criticidade de falta de um determinado item para realização dos procedimentos experimentais do setor em análise; (ii) o enfoque da segunda etapa do estudo é realizar a previsão de demanda futura dos materiais mais relevantes, com o intuito de contribuir para o Planejamento de Aquisições do Órgão Público. Assim, dados históricos dos produtos são coletados e analisados através de quatro modelos tradicionais de previsão de demanda. O melhor modelo é escolhido com base no menor MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*).

A pesquisa se torna relevante e necessária para a gestão da IES em questão, haja vista que a previsão de demanda auxilia na definição das estimativas de quantitativo de materiais nas aquisições futuras. Essa maior precisão nas atividades de compra visa aumentar o nível de serviço do almoxarifado da Instituição, reduzindo a insatisfação dos usuários com falta de insumos e minimizando gastos, como por exemplo as baixas de materiais (em virtude de vencimentos) e as compras desnecessárias. Ressalta-se que o estudo está focado apenas nas

atividades de planejamento para aquisição de materiais de consumo, não incluindo, portanto, os processos envolvidos em aberturas de licitações e registros de preços.

O artigo foi organizado em quatro seções. A segunda seção traz o referencial teórico sobre classificação de materiais e previsão de demanda. A terceira seção apresenta o método utilizado na pesquisa, e a quarta seção, por sua vez, apresenta os resultados acerca da aplicação do método proposto. Na quinta seção são apresentadas conclusões e possibilidades futuras referente à pesquisa.

2.2 Referencial teórico

Para um melhor embasamento teórico acerca do assunto tratado neste artigo, é apresentada uma revisão bibliográfica acerca de classificação de materiais e modelos quantitativos de previsão de demanda.

2.2.1 Classificação de Materiais

Conforme Viana (2009), a classificação é o processo de aglutinação de materiais por características semelhantes. Uma forma de realizar a classificação de materiais se dá através da curva ABC. De acordo com Arnold (2011), a ferramenta é um método de diferenciação dos materiais segundo sua maior ou menor abrangência em relação a determinado fator, consistindo em separar os itens por classes de acordo com sua importância relativa. Novaes e Alvarenga (2000) admitem que o tratamento do estoque através da classificação ABC permite a escolha dos procedimentos mais adequados para cada categoria de material do almoxarifado, sinalizando que, em logística, o emprego da classificação ABC não se aplica unicamente ao controle de estoques, mas em cenários e aplicações mais amplas. Pozo (2009) também faz essa constatação, afirmando o ABC pode ser usada em contexto de produção, vendas e monitoramento de salários.

Conforme Gonçalves e Schwember (1979), a teoria da Curva ABC foi inspirada a partir da criação da Lei de Pareto pelo economista Vilfredo Pareto, que estudou a distribuição de renda entre a população, em 1897, estabelecendo que havia uma lei geral de “má distribuição”. Viana (2009) aborda o assunto relatando que o maior segmento da renda se concentrava em uma pequena parte das pessoas, ou seja, a maior porcentagem monetária estava nas mãos da menor quantidade de indivíduos.

Para Gonçalves (2010), o principal objetivo da análise ABC é a identificação dos itens de maior relevância financeira e sobre eles exercer uma gestão mais detalhada, em especial por representarem valores elevados de investimentos. Negromonte Filho et al. (2012) complementam, o ABC é fundamental em sistemáticas de monitoramento de estoque, visto que permite identificar os produtos que oferecem maior viabilidade econômica e apresentam maior giro de estoque.

Corrêa e Corrêa (2012) relatam que o grupo de materiais inseridos na classe A são tipicamente poucos em termos numéricos, todavia são os responsáveis por grande parte do valor de uso total. Dessa forma, os autores afirmam que estes devem ser os produtos que merecem a maior atenção gerencial, para os quais vale mais manter um controle de estoque eficaz e rigoroso. O grupo B contém os itens intermediários, um pouco menos impactantes e prioritários do que os de classe A. Já o grupo C, segundo Dias (2005), são todos os demais itens, normalmente em grande número, porém de baixo investimento/retorno e que não necessitam de um controle mais rigoroso. Novaes e Alvarenga (2000) cita que o profissional que adotar, de forma abrangente, o critério de classificação ABC no ataque aos problemas logísticos, acabará desenvolvendo soluções melhores. Essa diferenciação no tratamento das questões, segundo o autor, é um dos pilares do enfoque sistêmico.

A construção da curva ABC em estoques requer a aplicação de etapas. A Tabela 1 elucida as 8 etapas definidas por Corrêa e Corrêa (2012).

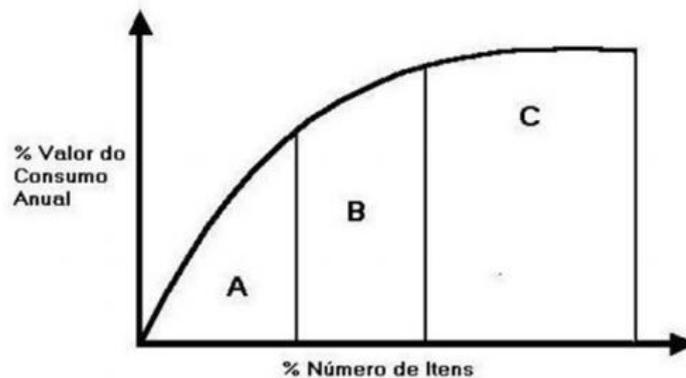
Tabela 1: Etapas para a aplicação da Curva ABC

Etapas	Descrição
1	Determinar a quantidade total utilizada no ano anterior de cada item armazenado
2	Determinar o custo médio de cada um dos itens em estoque, fazendo uso de moeda nacional
3	Calcular o custo anual total de uso de cada item, e logo após multiplicar o custo médio do item, levantado na etapa 2, pela quantidade correspondente utilizada, levantada na etapa 1
4	Ordenar todos os itens em valor decrescente do valor estabelecido na etapa 3
5	Calcular os valores acumulados de valor de uso para toda a lista, na ordem definida na etapa 4
6	Calcular os valores acumulados determinados na etapa 5 em percentuais, isso em relação ao valor total acumulado de valor de uso para o total dos itens
7	Desenhar os valores, percentuais, em um gráfico
8	Definir as três regiões conforme a inclinação da curva resultante: região A, de grande inclinação; região B de média inclinação; região C, de pequena inclinação

Fonte: Adaptado de Corrêa e Corrêa (2012)

De acordo com Dias (2010), a curva ABC pode ser visualizada graficamente conforme a Figura 1.

Figura 1: Gráfico da Curva ABC



Fonte: Adaptado de Dias (2010)

2.2.2 Previsão de Demanda

De acordo com Corrêa e Corrêa (2012), as previsões de demanda são extremamente importantes para auxiliar na tomada de decisões futuras das organizações. Arnold (2011) baseia-se no princípio de que a previsão é um prelúdio do planejamento. Dentro deste contexto, Dias (2005) defende que a previsão de demanda estabelece quais, quantos e quando os produtos provavelmente serão comprados pelos clientes, considerando, assim, que essa previsão é o ponto de partida de todo planejamento de uma empresa. De acordo com o Arnold (2011), antes de fazer planos, deve-se fazer uma estimativa das condições que existirão dentro de um período futuro, pois é necessário elaborar previsões para atendimento das demandas futuras.

Para Soares (2006), as previsões são essenciais na efetivação de vários aspectos do gerenciamento da produção, seja referente à gestão de estoques, ao desenvolvimento do planejamento da produção e até mesmo à viabilização de estratégias de gerenciamento de materiais. De acordo com Croxton et al. (2008), a gestão da demanda é um componente importante para o sucesso de uma organização, pois a implementação bem conduzida do processo gerará benefícios visíveis nos resultados financeiros de uma organização. Krajewski et al. (2009) citam que as previsões de demanda são de interesse não apenas da área de produção, mas também da área financeira, de recursos humanos, assim como a área de marketing. Dentro dessa linha, Ballou (2006) reitera que não é responsabilidade exclusiva do profissional de logística produzir a previsão geral da empresa.

De acordo com Mentzer e Gomes (1989), há dois tipos de padrões de demanda: os padrões de demanda regular e de demanda irregular. Os padrões de demanda regular, segundo os autores, podem ser decompostos em cinco componentes: (i) demanda média para o período

(nível); (ii) tendência; (iii) sazonalidade; (iv) fatores cíclicos; e (v) variação aleatória (erro aleatório). De acordo com Ballou (2001), a tendência representa o movimento da demanda a longo prazo; a sazonalidade refere-se aos picos e vales regulares que se repetem anualmente; os fatores cíclicos representam a variação de longo prazo (mais de um ano) no padrão de demanda; e variações aleatórias, ou residuais, são aquelas parcelas de demanda que não são aplicadas pelos outros componentes.

Ballou (2001) afirma que os padrões de demanda são resultados da variação de demanda com o tempo, ou seja, do crescimento ou declínio de taxas de demanda, sazonalidade e flutuações gerais causadas por diversos fatores. Segundo Armstrong e Collopy (1992), os métodos de previsão dividem-se em métodos qualitativos e quantitativos. Os métodos qualitativos de previsão dependem da experiência acumulada pelos especialistas ou grupo de pessoas reunidas para prever a probabilidade do resultado de eventos. Segundo Makridakis et al. (1998), devido a sua natureza subjetiva, os métodos qualitativos são usados para formulação de estratégias e desenvolvimento de novos produtos.

Por sua vez, os métodos quantitativos, foco deste estudo, são aqueles que podem ser replicados por outros analistas. Segundo Goodwin (2002), os métodos quantitativos trabalham com grande quantidade de dados, não são tendenciosos e não sofrem influência de pressões para obtenção de consenso. De acordo com Archer (1980), esses métodos são classificados em métodos de séries temporais e métodos causais. Os métodos de séries temporais, segundo Elsayed e Boucher (1994), utilizam-se do histórico de demanda da variável analisada para prever a demanda futura. Archer (1980) complementa que nas séries temporais envolvem a análise estatística de dados passados da variável a ser prevista. Conforme Slack (2009), os métodos causais analisam a força que determinados fatores externos possuem sobre que se desejam prever. Archer (1980) complementa que são muito utilizados como ferramenta analítica na previsão de variáveis econômicas (dependentes), as quais são influenciadas pelas estimativas de variáveis independentes.

2.2.2.1 Modelos temporais de previsão de demanda

Nesta subseção são apresentados alguns dos modelos temporais de previsão de demanda mais utilizados na literatura.

2.2.2.1.1 Média Móvel

Segundo Makridakis et al. (1998), o método da Média Móvel é amplamente utilizado pela sua facilidade de implementação e manutenção e pela necessidade de poucos dados históricos para a sua aplicação. De acordo com Corrêa e Corrêa (2012), esse método se baseia na suposição de que a previsão futura pode ser obtida através da média dos n últimos períodos. Para Slack (2009), o valor de n costuma ser entre 4 e 7 unidades de tempo. A equação (1) apresenta o modelo proposto:

$$F_{t+1} = \frac{D_t + D_{t-1} + D_{t-2} + \dots + D_{t-n+1}}{n} \quad (1)$$

onde: D_t = demanda real no período t ; n = número total de períodos da média; F_{t+1} = previsão para o período $t+1$.

Quanto às desvantagens da utilização da Média Móvel como previsão de demanda, Makridakis et al. (1998) afirmam que esse método é apropriado somente para previsões de curto prazo e para dados históricos irregulares, onde o padrão da série temporal não apresenta tendência e sazonalidade, pois a previsão para um novo período envolve sempre a adição de novos dados e a desconsideração de dados anteriores. Davis et al. (1997) constatam que se a demanda de um produto não cresce nem decresce rapidamente, e se também não apresenta nenhuma característica sazonal, uma média móvel pode ser útil na identificação de uma tendência dentro da flutuação dos dados.

2.2.2.1.2 Métodos de Suavização Exponencial

A suavização exponencial é o método mais popular e com o melhor custo-benefício entre os métodos de extrapolação, segundo Armstrong e Brodie (1999). Archer (1980) diz que o método de suavização exponencial aplica uma média ponderada nas observações de uma série temporal. Os pesos aplicados no método são determinados em progressão geométrica, com pesos maiores dados as informações mais recentes, ou seja, dados mais antigos têm pesos menores.

Makridakis et al. (1998) destacam que os métodos que aplicam suavização exponencial se dividem em (i) suavização exponencial simples; (ii) suavização exponencial Linear de Holt (exponencial dupla); e (iii) Método de *Holt-Winters* (exponencial tripla). Mentzer e Gomes (1989) ressaltam que o método de suavização exponencial simples assume que o padrão de

demanda histórica apresenta somente componentes de nível e ruído. Segundos os autores, se a componente de tendência e sazonalidade existem nos dados históricos, este modelo não é o método de extrapolação mais indicado.

2.2.2.1.2.1 Suavização Exponencial de Holt

A respeito do método da Suavização Linear de Holt, conhecida também como suavização exponencial dupla, Makridakis et al. (1998) afirmam que o este método expande o método de suavização exponencial simples para previsões com dados que apresentam tendência linear, mas que não apresentam sazonalidade. A previsão com suavização exponencial linear de Holt é obtida com o uso de duas constantes de suavização α e β (com valores entre 0 e 1, e não relacionados).

De acordo com Krajewski et al. (2009), uma série de dados apresenta tendência quando há aumento ou redução sistemática na média ao longo dos períodos. Para aplicar o método de suavização exponencial com tendência (método de Holt), segundo os autores, é necessário obter uma estimativa inicial da tendência, que pode ser estimada através da diferença entre a média da série calculada no período atual e a média calculada no período anterior. As equações de média (3) e tendência (4) estão listadas a seguir, bem como a equação da previsão para o período seguinte (2).

$$\text{Previsão: } F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (2)$$

$$\text{Nível: } L_t = \alpha Y_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (3)$$

$$\text{Tendência: } b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \quad (4)$$

onde: F_{t+m} é a previsão para o período $t+m$; m é o horizonte de previsão; L_t é a estimativa do nível da série temporal no período t ; b_t é a estimativa de tendência da série temporal para o período t ; e α e β são as constantes de suavização.

Para Morettin e Tolo (2004), a principal desvantagem desse método está em definir valores apropriados dos parâmetros de suavização α e β . Para defini-los, normalmente se ajustam os valores até que os erros sejam os menores possíveis. De acordo com Krajewski et al. (2009), esse método é mais adequado para análises de curto prazo, pois quanto mais distante a estimativa, mais frágil se torna.

2.2.2.1.2.2 Suavização Exponencial de Holt-Winters

De acordo com Makridakis et al. (1998), o método de Holt-Winters é baseado em três equações de suavização: uma para suavizar o nível, outra para tendência, e uma última para suavizar a sazonalidade. Dependendo se a sazonalidade é modelada de forma aditiva (Holt-Winter's aditivo) ou se é modelada de forma multiplicativa (Holt-Winter's multiplicativo). A forma multiplicativa, segundo Winters (1960), é indicada para séries temporais em que a amplitude da sazonalidade varia com o nível da demanda. Já a forma aditiva é apropriada para séries temporais cuja amplitude da sazonalidade é independente do nível de demanda.

As equações (5), (6), (7) e (8) exemplificam o método multiplicativo de Holt-Winters:

$$\text{Previsão: } F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m} \quad (5)$$

$$\text{Nível: } L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (6)$$

$$\text{Tendência: } b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \quad (7)$$

$$\text{Sazonalidade: } S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1 - \gamma) S_{t-s} \quad (8)$$

onde: s é o número de períodos por ciclo sazonal; S_t é a estimativa do componente sazonal da série temporal no período t ; e α , β e γ são as constantes de suavização (com valores entre 0 e 1, não relacionados).

As equações (9), (10), (11) e (12) exemplificam o método aditivo de Holt-Winters.

$$\text{Previsão: } F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m} \quad (9)$$

$$\text{Nível: } L_t = \alpha (Y_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (10)$$

$$\text{Tendência: } b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta) b_{t-1} \quad (11)$$

$$\text{Sazonalidade: } S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1 - \gamma) S_{t-s} \quad (12)$$

De acordo com Makridakis et al. (1998), as únicas diferenças entre as formas aditiva e multiplicativa do método de Holt-Winters são que os índices sazonais e de nível são somados ou subtraídos ao invés de multiplicados ou divididos.

2.2.2.1.2.3 Método de Box-Jenkins (ARIMA)

De acordo com Bussinger e Read (1999), o modelo de Box-Jenkins modela a função de autocorrelação de uma série temporal estacionária com o mínimo de parâmetros possíveis, utilizando uma combinação de termos de autorregressão (AR), integração (I) e média móvel (MA). Com isso, o modelo geral do método é um modelo autorregressivo, integrado e de média móvel, por isso a abreviação ARIMA (*Auto-Regressive Integrated Moving-Average*). Segundo Christodoulos et al. (2010), a evolução de recursos computacionais fez com que o método ARIMA se tornasse popular, sendo aplicado em diferentes áreas de estudo.

Além disso, o método ARIMA possui algumas vertentes, como modelos que permitem identificar e considerar a sazonalidade de uma série histórica (SARIMA). A notação do modelo ARIMA sazonal é $(p, d, q)(P, D, Q)_s$, onde: p - ordem máxima dos parâmetros de autorregressão simples; d - número de diferenciações não-sazonais aplicadas para tornar a série temporal estacionária; q - ordem máxima dos parâmetros de média móvel simples; P - ordem máxima dos parâmetros de autorregressão sazonal; D - número de diferenciações sazonais aplicadas para tornar a série temporal estacionária; Q - ordem máxima dos parâmetros de média móvel sazonal; e s - número de períodos por ciclo sazonal.

De acordo com Morettin e Toloí (2004), o modelo ARIMA possui três passos iterativos: identificar o modelo, estimar parâmetros e verificar o diagnóstico. O primeiro passo consiste em identificar o particular modelo ARIMA a ser ajustado aos dados. Segundo Khashei e Bijari (2010), deve-se verificar se a série é estacionária, condição necessária para utilização do modelo. O segundo passo consiste em estimar os parâmetros, visando minimizar os erros. O terceiro passo consiste em verificar se o modelo representa bem a série de dados, de acordo com Morettin e Toloí (2004), testando-se as hipóteses do modelo para identificar áreas onde o modelo seja inadequado, como menciona Wang (2011).

Para Wang (2011), o modelo ARIMA, em análises com longa base de dados, consegue capturar facilmente a tendência da série. Além disso, de acordo com Gottardi e Scarso (1994), para o referido modelo gerar bons resultados, é necessário que a série analisada seja relativamente estável e que haja uma quantidade significativa de dados históricos.

2.2.2.2 Medidas de precisão dos modelos preditivos

De acordo com Kahn (1998), medidas de acurácia são utilizadas para identificar a precisão de um método de previsão ou como critério de seleção de métodos de previsão. As medidas de acurácia ajudam na flexibilidade do sistema produtivo em gerar evidências para o sistema de previsão responder rapidamente a mudanças de padrões de demanda e de mercado.

As diferentes medidas de acurácia apresentadas na literatura de previsão de demanda geralmente estão sob forma de percentuais de erro absoluto ou erros quadrados, de acordo com Thomas (1996). Os erros dos métodos são obtidos analisando medidas de tendência central (medianas, médias aritméticas e médias geométricas), segundo Armstrong e Collopy (1992).

A métrica de precisão dos modelos preditivos utilizada neste trabalho é o *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). O MAPE é a média dos erros percentuais absolutos é a medida mais utilizada nos estudos empíricos com comparação de métodos, pois é menos afetada por valores extremos do que as medidas quadradas, utiliza percentuais do erro e não depende da unidade dos dados, segundo Kahn (1998). Tal método é apresentado na equação (13).

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{Y_i - Z_i}{Y_i} \right| \quad (13)$$

onde: Y_i é o valor de demanda atual no período i ; Z_i é a previsão de demanda no período i ; e n é o número de períodos considerados para o cálculo da medida de acurácia. Segundo Mentzer e Gomes (1989), o nível de acurácia requerido no resultado da previsão é talvez o mais importante pré-requisito para avaliação de métodos de previsão, pois o custo de melhorar a acurácia de uma precisão pode exceder os benefícios gerados pelo método.

2.2.3 Previsão de Demanda aplicado a organizações públicas regidas por licitações

Tendo em vista a abrangência e a importância do tema, na literatura é possível encontrar alguns estudos de previsão de demanda realizados em Instituições Públicas. Com isso, o presente estudo traz exemplos de aplicabilidade da previsão de demanda fora do ambiente empresarial.

De acordo Cassão e Braga (2017), o poder público, seja da esfera federal, estadual ou municipal, tem por obrigação oferecer bons serviços aos cidadãos e para isso, a administração pública precisa saber prever demandas e fazer suas compras e contratações na forma da lei. De acordo com Peixoto (2016), as ações do agente público devem buscar o melhor desempenho possível no desenvolvimento de suas atribuições, de modo a organizar e estruturar a

Administração Pública para que alcance os melhores resultados na prestação do serviço público. Dentro deste contexto, Linck (2019) afirma que, no setor público, grande parte das entidades são ineficientes operacionalmente e tem dificuldades no processo de compras e que a previsão de demanda é uma alternativa que pode colaborar com a utilização adequada dos recursos públicos.

Peixoto (2016) afirma que a utilização do Sistema de Registro de Preços surgiu como uma ferramenta de melhoria dos processos de planejamento e compras públicas, uma vez que proporciona a contratação (registro de preço) de determinado objeto sem a necessidade real de sua aquisição e sem declarar efetivamente a disponibilidade de recursos. Desta forma, existe a possibilidade de, surgindo a necessidade da aquisição, efetivar a compra de maneira mais rápida. Porém, através do estudo de Peixoto (2016), se verifica a utilização equivocada do Sistema de Registro de Preços em uma Instituição Federal de Ensino Superior. No intuito de auxiliar a resolução destes problemas e a promoção da melhoria das etapas de planejamento e previsão da demanda dos processos de compra, Peixoto (2016) elaborou, por intermédio de seu estudo, uma proposta de manual de procedimento de compras, sugerindo a aplicação do instrumento como indicador de desempenho dos processos de compras e a escolha de um método de previsão que melhor se adapte ao tipo de material e ao órgão.

Linck (2019) fez um estudo de previsão de demanda no almoxarifado de uma Instituição de Ensino Superior Pública, a fim de melhorar a eficácia do processo de compras da organização. Para isso, uma análise da demanda do material “Lâmpada Tubular LED” foi realizada e dois modelos de previsão elaborados utilizando técnicas de análise de séries temporais. Assim, o modelo ARIMA obteve melhores resultados nos critérios de comparação e mostrou-se adequado para fins de previsão de consumo neste ambiente que as compras são regidas pelos processos licitatórios. Pesenti (2019), por sua vez, propôs um modelo de dimensionamento de estoques aplicado a uma Instituição Federal de Ensino Superior, a partir da previsão de demanda de Folhas A4 no respectivo órgão público, através da abordagem causal por métodos de correlação.

Rodrigues et al. (2017) fizeram uso de um modelo de previsão de demanda para estimar os serviços futuros acerca dos atendimentos das regiões administrativas do estado de São Paulo no sistema governamental Poupatempo. Santos et al. (2017) estudaram a previsão de demanda no restaurante universitário (RU) da Universidade Estadual Paulista (UNESP) e constaram que o número de atendimentos do RU é insuficiente para atender a demanda de refeições solicitadas diariamente. Os exemplos citados ajudam a comprovar a aplicabilidade

das ferramentas de previsão de demanda no contexto das instituições públicas que organizam suas atividades de compras atreladas aos processos de licitações.

2.3 Metodologia

Este estudo caracteriza-se como pesquisa de natureza aplicada, visto que, de acordo com Yin (2001), são aplicadas técnicas e conhecimentos para solução de problemas concretos. Quanto à forma de abordagem, é caracterizado como quantitativo, já que são coletados dados numéricos e realizadas análises, também numéricas. No que concerne aos seus objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória, pois de acordo com Gil (2010), possui o propósito de explicitar o problema, e o procedimento utilizado é o estudo de caso, que concerne na aplicação prática de conhecimentos para solucionar problemas, segundo Boaventura (2004). Os passos da sistemática proposta são detalhados na sequência.

2.3.1 Etapa 1 - Classificação dos Materiais

Por ser uma ferramenta consolidada na literatura, a classificação dos materiais proposta no presente estudo pauta-se na Curva ABC, que dá ênfase aos materiais de maior representação financeira para a Instituição, ou seja, os que apresentam os maiores produtos da multiplicação entre custo unitário do material com a sua demanda em um período pré-estabelecido, conforme as etapas descritas no referencial teórico.

Com vistas a customizar o tradicional índice ABC (que se apoia em valor financeiro unitário e volume movimentado), este estudo propõe a inclusão de uma terceira variável no índice: a dimensão de criticidade para cada material, a qual varia de 1 (item com menor criticidade) a 5 (item com maior criticidade). A ideia é incluir na sistemática de priorização de itens a lógica da criticidade percebida quando da falta de determinado item no sistema, visto que sua ausência em estoque pode acarretar em problemas na realização das atividades de ensino no Hospital. Quanto maior o valor final do índice proposto, maior é a representatividade do item em termos de importância e maior a atenção a ser devotada a tal item quando da geração dos modelos de previsão de demanda. Sendo assim, a lógica de priorização proposta é representada na equação (14).

$$\text{índice de priorização} = C \times D \times Cr \quad (14)$$

onde:

C = Custo médio do material em estoque;

D = Demanda do material no período analisado; e

Cr = Variável de criticidade do material.

Para a construção da curva ABC, os limites de separação dos materiais entre as três classes da ferramenta são definidos por especialistas de processo. Com relação ao registro das movimentações de materiais (entradas e saídas), a Instituição conta com um sistema interno informatizado para este fim, o que torna a coleta de dados mais clara e objetiva. Sendo assim, para a construção da Classificação ABC, os dados dos produtos em estoque e de custo de materiais foram obtidos através deste sistema interno do Almoxarifado da Unidade.

2.3.1 Etapa 2 - Previsão de Demanda

O modelo de previsão de demanda é aplicado nos produtos mais relevantes do estoque da Organização, encontrados a partir da realização da etapa 1 do método da pesquisa. Para o desenvolvimento do estudo, foi realizada, inicialmente, a coleta de dados históricos da demanda dos produtos (materiais) selecionados junto ao setor responsável, que conta com um sistema interno informatizado para este fim. As séries temporais de dados representam a demanda mensal dos referidos materiais, e totalizam 28 observações de cada produto. A modelagem de previsão proposta neste estudo possui três passos a seguir detalhados: (i) modelagem em base mensal; (ii) modelagem em base bimestral; e (iii) geração das previsões de demandas futuras.

2.3.1.1 Passo 1 - Modelagem em base mensal

A modelagem em base mensal se dá a partir dos dados em sua unidade de origem, ou seja, as 28 observações mensais de cada produto. Os dados são separados em porção de “treino” e “teste”, procedimento que tem como função analisar a qualidade das previsões resultantes dos modelos. A porção treino utiliza 75% dos dados (21 observações), enquanto a porção teste utiliza os 25% dos dados restantes (7 observações), com vistas à validação do método. A modelagem da porção de treino de cada material é realizada com base em quatro modelos de previsão de demanda: média móvel, *holt-winters* aditivo, *holt-winters* multiplicativo e ARIMA.

Para facilitar a implementação dos métodos quantitativos selecionados utiliza-se um *software* específico para previsões de demanda. O pacote computacional escolhido foi o NCSS

(2021), o qual disponibiliza os métodos de Suavização Exponencial. O ajuste do modelo aos dados da série é mensurado pelo coeficiente de determinação (R^2), sendo que um ajuste perfeito resulta em valor igual a $R^2=1$. Em seguida, a qualidade da capacidade preditiva do modelo é avaliada através do MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) nos dados da porção teste; o modelo com menor MAPE apresentado para cada material é o escolhido para realização do estudo de previsão.

2.3.1.2 Passo 2 - Modelagem em base bimestral

A modelagem em base bimestral foi motivada para avaliar se a utilização de dados agrupados melhoraria a qualidade de aderência do modelo aos dados, potencialmente gerando previsões mais acuradas, pois, de acordo com Corrêa et al. (1997), com a agregação de dados, os erros de previsão são reduzidos. Sendo assim, os dados históricos de consumo mensal foram agregados em bimestres, reduzindo o número de observações para 14 unidades de tempo.

Para a modelagem neste contexto, a porção de treino utiliza 11 observações, enquanto a porção teste usa os dados restantes (3 observações). Após a modelagem, os três dados encontrados na porção “teste” são desagregados de bimestres para meses. A desagregação dos dados é feita a partir do percentual médio de contribuição de cada mês dentro do bimestre nos últimos dois anos.

2.3.1.3 Passo 3 - Geração das previsões de demandas futuras

A partir da modelagem dos dados na fase 1 e na fase 2, tem-se o MAPE dos dados originais mensais e o MAPE dos dados mensais após a desagregação dos dados bimestrais. Com isso, torna-se possível realizar a comparação da acurácia de cada modelo: a modelagem que apresentar o menor MAPE é o escolhido para a geração das previsões futuras dos materiais em análise.

Por fim, a previsão de demanda futura para os três materiais com base nos modelos de previsão selecionados para cada material se dá para os 12 meses seguintes. Com isso, caso o modelo de previsão escolhido seja o da agregação de dados, a previsão de demanda é executada para os próximos 6 bimestres; na sequência, os dados bimestrais preditos são desagregados para base mensal (conforme descrito na fase 2), gerando previsões para os 12 meses seguintes.

2.4 Resultados e Discussão

O presente estudo foi realizado na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). A referida faculdade administra um Hospital de Ensino Odontológico, inaugurado no ano de 2016. Neste hospital de ensino ocorrem as aulas práticas dos cursos oferecidos, onde mensalmente cerca de 4 mil pacientes (oriundos da comunidade) são atendidos pelos discentes, com o intuito de preencher a grade curricular.

Sendo assim, a fim de manter a disponibilidade de materiais de consumo, tornar possível a rotina de atendimentos no Hospital de Ensino e suprir a demanda de diversos departamentos e setores da Unidade, o setor de Almoarifado da referida Faculdade estoca e administra 526 produtos distintos. Este estoque engloba diversas famílias de materiais: odontológico, de expediente, de acondicionamento e embalagem, químico, de limpeza, de higienização, de proteção individual, para áudio/vídeo e foto, laboratorial e material hospitalar, dentre outros.

No entanto, atualmente, não há nenhuma abordagem estruturada voltada à classificação dos materiais estocados no almoxarifado, bem como à previsão dos níveis de consumo de tais itens, fazendo com que decisões sejam tomadas empiricamente. A forma de aquisição dos materiais empregada pela Instituição é regulada pelo Decreto nº 10.024/19, que regulamenta a licitação, na modalidade Pregão, na forma eletrônica, para a aquisição de bens e a contratação de serviços comuns, incluídos os serviços comuns de engenharia, no âmbito da administração pública federal. A sistemática aqui proposta visa oferecer subsídios mais estruturados para realização dos procedimentos acima descritos.

O período dos dados analisados está compreendido entre 31 de agosto de 2017 e 31 de dezembro de 2019. Dados do período pandêmico não foram incluídos na análise, pois o objetivo da análise está em avaliar a demanda em condições normais de operação do hospital. Sendo assim, a classificação dos materiais foi realizada, e os produtos foram classificados pela teoria da Curva ABC modificada (ver seção 2.3.1), resultando os dados da Tabela 2.

A Tabela 2 mostra que apenas 17 produtos compõem a Classe A da Curva ABC, ou seja, representam 50% do custo total consumido no período pesquisado. No oposto desta representação, estão os itens Classe C, que em número é a grande parte dos itens em estoque (89%), porém pouco somam na representatividade total da movimentação de valor. O elevado número de itens desta classe se justifica principalmente por itens de pouco consumo dentro do

período analisado ou baixo custo médio dos produtos. A Classe B, por sua vez, comporta 6,84% dos materiais do estoque.

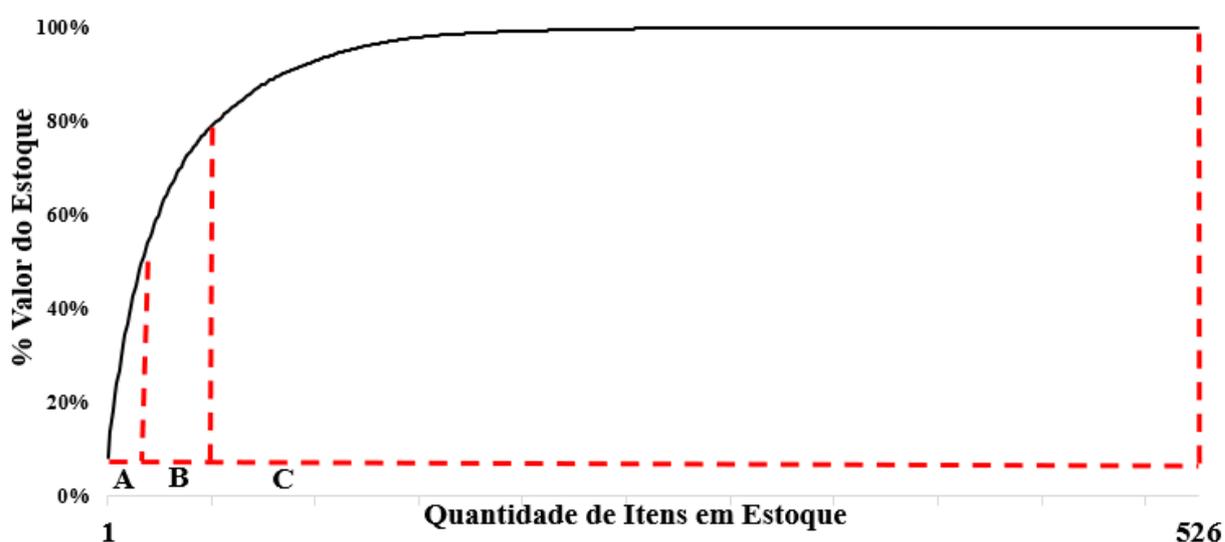
Tabela 2: Resultado Geral da Classificação ABC

Classe	Corte	Quantidade de Materiais	Proporção
A	50%	17	3,23%
B	80%	36	6,84%
C	100%	473	89,92%
TOTAL		526	100%

Fonte: Elaborado pelo Autor

O desenho da Curva ABC do presente estudo está demonstrado na Figura 2.

Figura 2: Curva ABC do estudo



Fonte: Elaborado pelo Autor

A Figura 2 evidencia que a curva ABC tem uma inclinação elevada, ou seja, há poucos materiais no Almojarifado da Faculdade de Odontologia que possuem alto valor agregado e muitos produtos que não possuem a mesma importância monetária para a Instituição. As 17 mercadorias mais significativas em termos de custo para a Instituição, classificadas como A na Curva ABC, estão listadas na Tabela 3.

Tabela 3: Classe A da Classificação ABC

Descrição do Material	Custo Médio	Consumo	Crit	Valor Total	%
Papel Toalha Branco Simples	8,74	5542	5	242.185	8,186%
Gaze 13 fios/cm ² (7,5x7,5cm)	20,12	1635	5	164.481	5,560%
Kit Cirúrgico	19,9	1294	5	128.753	4,352%

Ionômero de vidro para restauração modificado por resina fotopolimerizável	112,5	281	3	94.837,50	3,206%
Cera alta resistência, uso hospitalar	126,74	329	2	83.394,92	2,819%
Primer de sistema adesivo convencional	62,29	329	4	81.973,64	2,771%
Papel grau cirúrgico 20 cm	70,79	282	4	79.851,12	2,699%
Luva de látex Multiuso - Pequena	14,39	1296	4	74.597,76	2,522%
Papel grau cirúrgico 15 cm	56,6	319	4	72.221,60	2,441%
Álcool 70°	4,22	3039	5	64.122,90	2,167%
Silicona de adição consistência densa/pesada	147,98	141	3	62.595,54	2,116%
Manta para esterilização 80x80	0,84	17278	4	58.054,08	1,962%
Filme para geração de imagens a laser	250	58	4	58.000,00	1,961%
Papel Higiênico - Rolo	26,79	681	3	54.731,97	1,850%
Alginato elástico, livre de poeira, de presa rápida (presa 2'10")	31,99	844	2	53.999,12	1,825%
Algodão em Roletes	1,8	5484	5	49.356,00	1,668%
Adesivo convencional (3 passos)	85,29	184	3	47.080,08	1,591%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Sendo assim, o resultado da classificação ABC indica o Papel Toalha como material que requer maior atenção por parte do gestor de estoque, pois obteve a maior representatividade no Almoxarifado, representando 8,18% do valor total da análise. O segundo e o terceiro materiais mais representativos do Estoque são, respectivamente, a Gaze e o Kit Cirúrgico. Juntos, os três primeiros materiais representam 18% de valor acumulado, e serão foco das análises de previsão que seguem.

Para realizar a segunda etapa do método do estudo proposto, o sistema interno da instituição foi consultado para coleta dos dados históricos de demanda mensal dos 3 produtos selecionados acima, cobrindo o período de setembro de 2017 a 31 de dezembro de 2019. A Tabela 4 traz a demanda mensal do Papel Toalha, produto mais representativo do almoxarifado dentro do período de análise. O Apêndice A traz os dados de demanda da Gaze e o do Kit Cirúrgico.

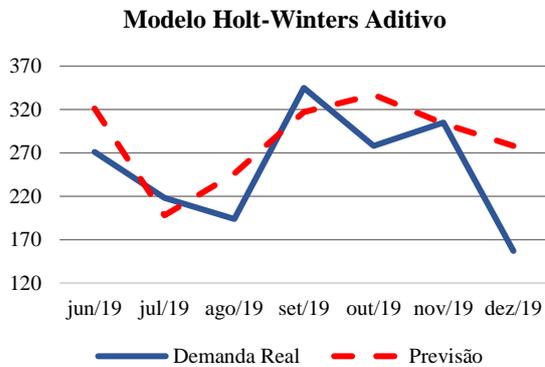
Tabela 4: Demanda mensal do Papel Toalha

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2017	-	-	-	-	-	-	-	-	232	213	146	207
2018	179	66	123	94	54	261	138	186	212	271	271	158
2019	106	56	153	299	312	271	218	194	345	278	305	157

Fonte: Elaborado pelo Autor

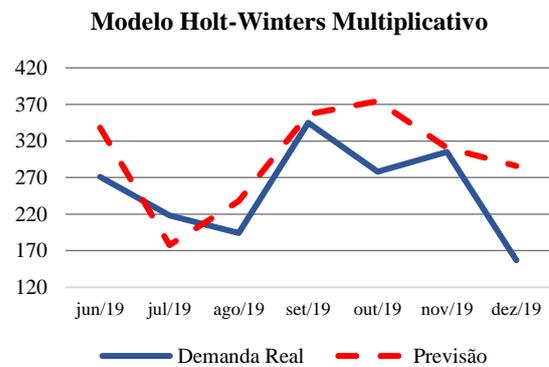
Para a realização do passo 1 da previsão de demanda, a porção de treino dos dados históricos foi ajustada aos 4 modelos de previsão, a fim de identificar o que melhor se adequa à série. Para realizar as previsões com média móvel, constatou-se que a média utilizando os dois últimos períodos foi a que apresentou menor MAPE. Dentre as opções de suavização exponencial, foram testados os modelos de Holt-Winters, visto que a série de dados apresenta característica de sazonalidade. Na categoria dos modelos ARIMA, o *software* indicou ARIMA sazonal $(2,1,2)(1,0,1)_8$ como a melhor opção. As Figuras de 3 a 6 confrontam os valores previstos por cada modelo e os valores reais da porção de teste. O Apêndice B traz os gráficos deste passo para Gaze e Kit Cirúrgico.

Figura 3: Gráfico modelo preditivo Holt-Winters aditivo do Papel Toalha



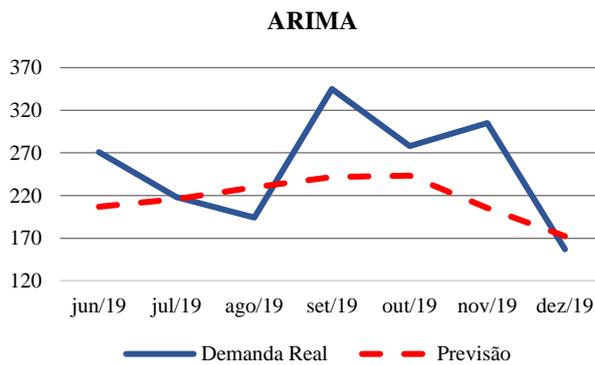
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 4: Gráfico modelo preditivo Holt-Winters multiplicativo do Papel Toalha



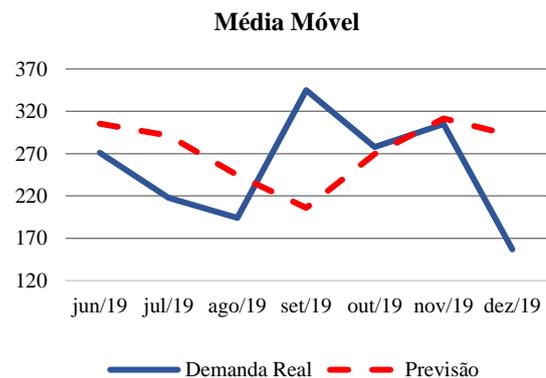
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 5: Gráfico modelo preditivo ARIMA do Papel Toalha



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 6: Gráfico modelo preditivo Média Móvel do Papel Toalha



Fonte: Elaborado pelo Autor

Para a definição do modelo de previsão recomendado para cada material, analisou-se o MAPE da porção de teste de cada modelo, conforme a Tabela 5. Com base nos dados apresentados, identificou-se altos índices de erro de previsões nos propostos. Mesmo não

apresentando patamar tão satisfatório (MAPE elevado), o modelo ARIMA sazonal mostrou-se como o modelo com menor MAPE para todos os produtos nas modelagens.

Tabela 5: MAPE para porção de teste de cada modelo preditivo para os produtos no passo 1

Produto	H-W Aditivo	H-W Multiplicativo	ARIMA	Média Móvel
PAPEL TOALHA	23,02%	26,85%	18,25%	44,94%
GAZE	81,45%	82,74%	64,43%	85,51%
KIT CIRÚRGICO	133%	72,99%	45,03%	378%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na sequência, avaliou-se o desempenho dos modelos preditivos para os dados agregados em base bimestral, conforme descrito no passo 2 da etapa 2. A Tabela 6 traz a demanda agregada em bimestres do Papel Toalha, produto mais representativo do almoxarifado dentro do período de análise. O Apêndice C apresenta os dados de demanda agregada em bimestres dos materiais Gaze e Kit Cirúrgico.

Tabela 6: Demanda agregada em bimestres do Papel Toalha

Ano	Jan/Fev	Mar/Abr	Mai/Jun	Jul/Ago	Set/Out	Nov/Dez
2017	-	-	-	-	445	353
2018	245	217	315	324	483	429
2019	162	452	583	412	623	462

Fonte: Elaborado pelo Autor

As porções de treino dos dados agregados em bimestres dos materiais também foram modeladas nos 4 modelos de previsão de demanda. Após, as predições obtidas nas modelagens foram desagregadas para meses, a partir do percentual médio de contribuição da demanda dos materiais em cada mês dentro do bimestre proposto nos dois anos anteriores, conforme apresentado na Tabela 7.

Tabela 7: Percentual de contribuição mensal para desagregação de dados

Produto	JUL - AGO	SET - OUT	NOV - DEZ
PAPEL TOALHA	47,75% - 52,25%	48,01% - 51,99%	52,26% - 47,74%
GAZE	62,91% - 37,09%	48,50% - 51,50%	51,48% - 48,52%
KIT CIRÚRGICO	5,87% - 94,13%	68,43% - 31,57%	54,02% - 45,98%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Após a desagregação dos dados, foi possível comparar os resultados do MAPE da porção de teste de cada modelo no passo 2, de acordo com a Tabela 8.

Tabela 8: MAPE para porção de teste de cada modelo preditivo para os produtos no passo 2

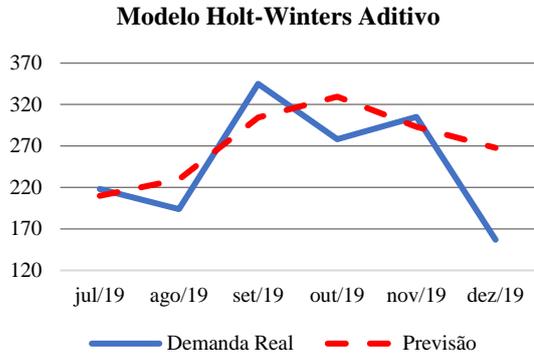
Produto	H-W Aditivo	H-W Multiplicativo	ARIMA	Média Móvel
PAPEL TOALHA	21,13%	22,12%	25,61%	26,52%
GAZE	73,91%	60,60%	99,80%	91,17%
KIT CIRÚRGICO	76,81%	85,75%	261,83%	217,05%

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com base na Tabela 8, identificou-se que na modelagem dos dados pós desagregação, o modelo ARIMA sazonal deixou de apresentar o menor MAPE para os produtos em análise.

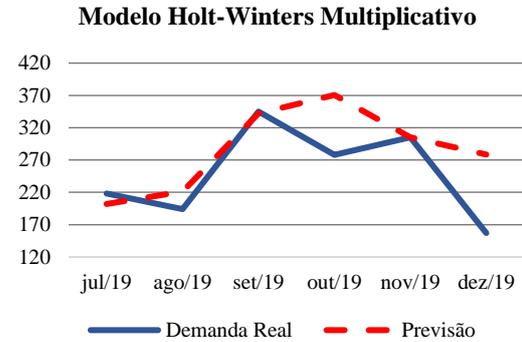
As Figuras 7, 8, 9 e 10 confrontam os valores previstos desagregados do Papel Toalha com os valores reais (mensais) da porção de teste dentro de cada modelo. O Apêndice B apresenta as Figuras relativas ao assunto dos materiais Gaze e Kit Cirúrgico.

Figura 7: Gráfico do modelo preditivo de dados desagregados do Papel Toalha no modelo HWA



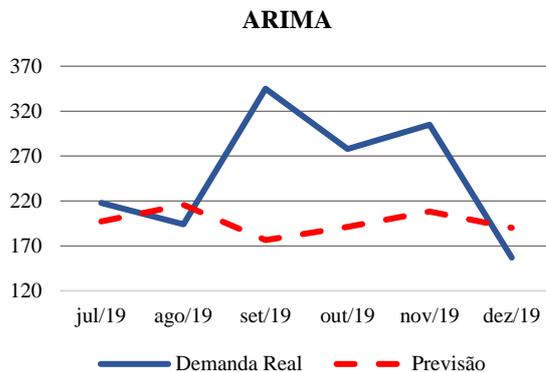
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 8: Gráfico do modelo preditivo de dados desagregados do Papel Toalha no modelo HWM



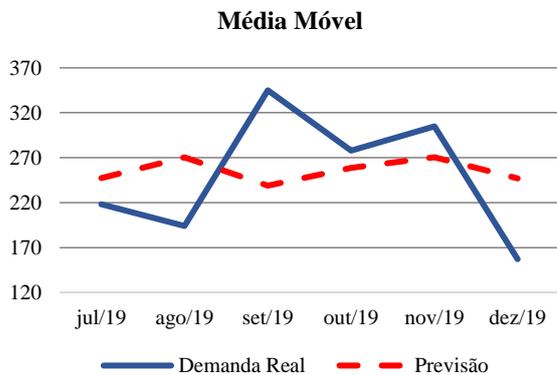
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 9: Gráfico do modelo preditivo de dados desagregados do Papel Toalha no modelo ARIMA



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 10: Gráfico do modelo preditivo de dados desagregados do Papel Toalha no modelo Média Móvel



A Tabela 9 traz a comparação do MAPE para os dados em base mensal e bimestral (pós-desagregação).

Tabela 9: comparação de MAPE de dados na base mensal versus bimestral (pós-desagregação)

Produto	MAPE ARIMA	MAPE ARIMA
	Base mensal	Base bimestral com posterior desagregação para mensal
Papel Toalha	18,25%	25,61%
Gaze	64,43%	99,80%
Kit Cirúrgico	45,03%	261,83%

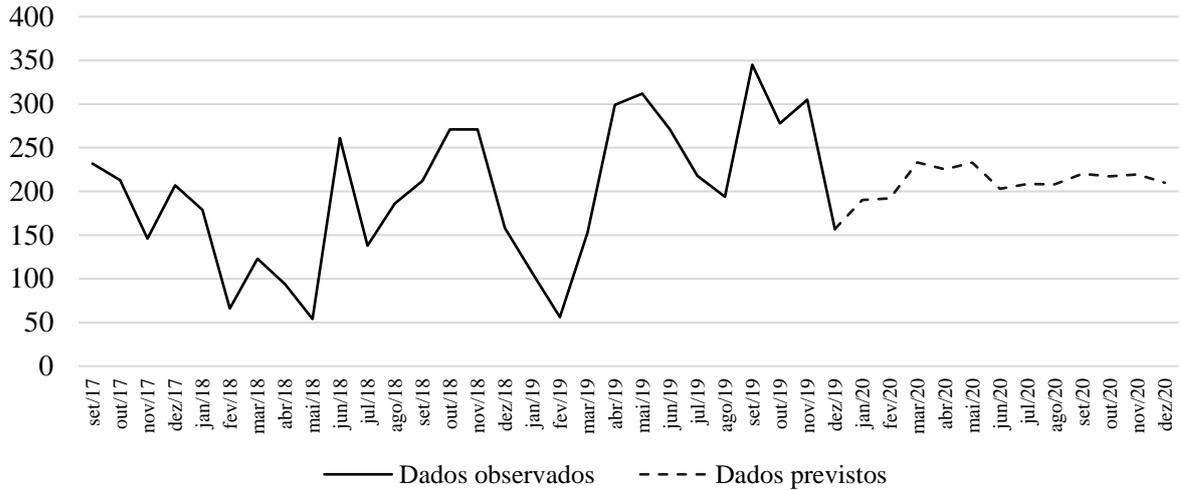
Fonte: Elaborado pelo Autor

Os resultados apresentados na Tabela 9 sugerem maior acurácia preditiva quando dados na base mensal (original) são considerados nos modelos preditivos. A alternativa de

realizar a agregação dos dados não obteve sucesso no presente estudo, tendo em vista o MAPE aumentar da fase 1 para a fase 2 da etapa 2 da metodologia.

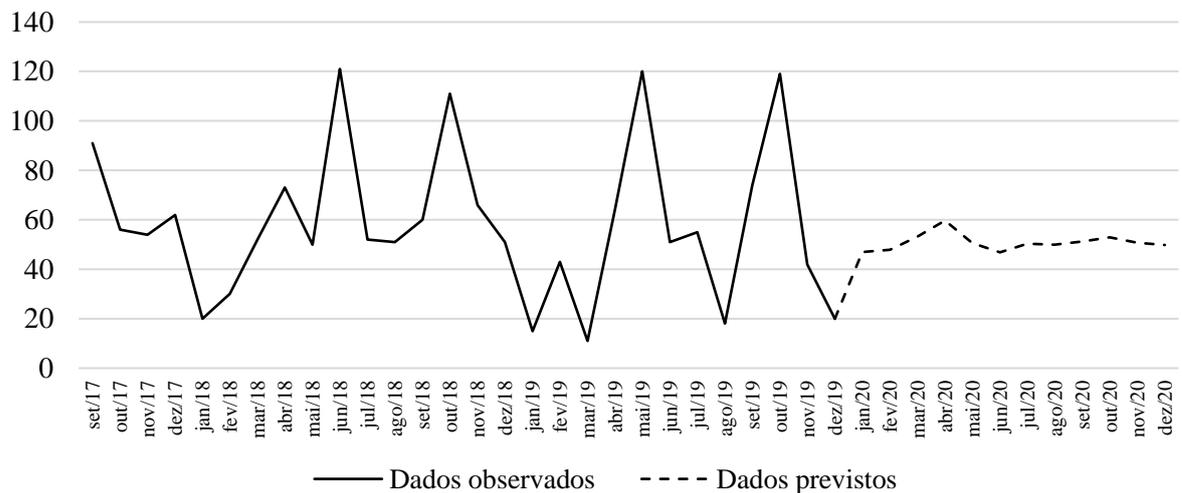
A partir da consolidação do estudo proposto, foi possível, através dos modelos propostos, fazer a previsão de consumo dos três produtos em análise, para os 12 meses seguintes, por intermédio do modelo ARIMA. As Figuras 11, 12 e 13 apresentam, respectivamente, a previsão de demanda das mercadorias Papel Toalha, Gaze e Kit Cirúrgico.

Figura 11: Gráfico da previsão de demanda do Papel Toalha



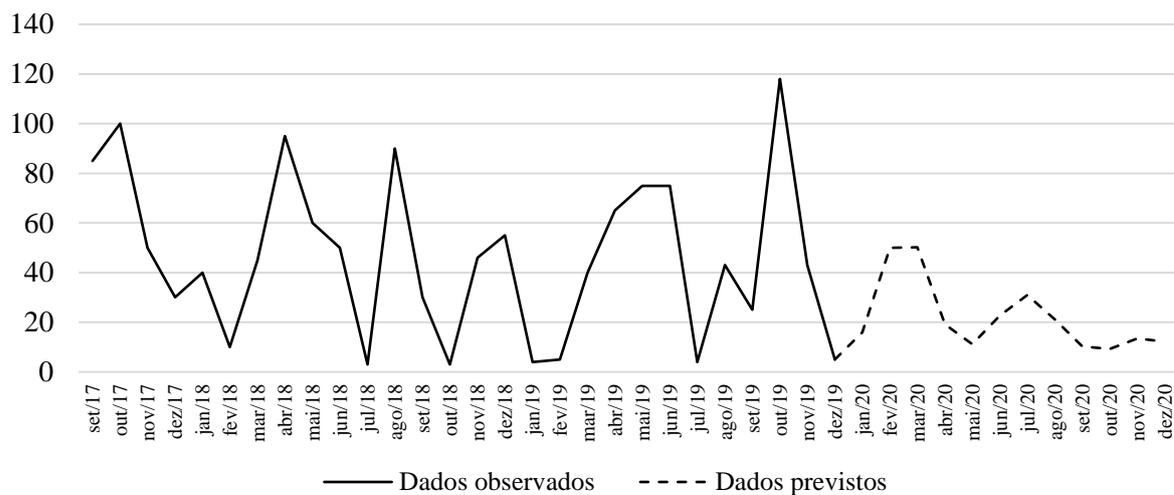
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 12: Gráfico da previsão de demanda da Gaze



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 13: Gráfico da previsão de demanda do Kit Cirúrgico



Fonte: Elaborado pelo Autor

Conforme evidenciado nas Figuras acima, as previsões de demanda dos materiais podem ser validadas, pois estão coerentes e são compatíveis com o estudo proposto, por trazerem dados próximos à realidade. Com isso, a previsão de demanda dos materiais pode auxiliar na gestão de compras da instituição pública estudada.

2.5 Conclusões

O presente estudo teve como objetivo central propor um modelo de previsão de demanda de materiais do Almojarifado da Faculdade de Odontologia da UFRGS, com o intuito de colaborar no Planejamento de Aquisições do referido Órgão Público, pois realizar previsões de demanda é um passo importante para auxiliar na alocação dos recursos de uma organização pública.

Foi possível observar nas séries históricas de consumo dos materiais que o ambiente acadêmico possui característica particular, com padrões sazonais muito característicos. A sazonalidade diz respeito pela baixa demanda nos períodos entre semestres, onde há o recesso escolar, por exemplo. Frente a isso, o método ARIMA apresentou o menor MAPE dentre os quatro modelos analisados e, portanto, possui a melhor capacidade preditiva para os casos apresentados.

Para isso, utilizou-se da classificação de materiais, através da curva ABC, para identificar os produtos mais relevantes do almoxarifado. Os produtos classificados como “A” na curva ABC devem ter atenção especial por parte do gestor de materiais, ou seja, devem

possuir uma política de estoques diferenciada na organização, haja o seu alto índice de criticidade. Caso haja falta desses materiais para consumo, pode afetar o funcionamento do Hospital de Ensino e prejudicar o ensino dos alunos. A curva ABC demonstrou que apenas 17 materiais (cerca de 3%) possuem importância elevada para o estoque analisado.

Com o modelo proposto, torna-se factível a previsão de demanda dos produtos analisados para os 12 meses seguintes, podendo, assim, elaborar um planejamento de compras para um período futuro. Dessa forma, pode-se comprovar que o objetivo deste trabalho foi alcançado, contudo o modelo de previsão da demanda precisa ser avaliado e melhorado continuamente para que consiga produzir previsões confiáveis, a fim de apoiar a decisão gerencial. Cabe ressaltar que os modelos preditivos deste estudo foram considerados para as atividades e o consumo de materiais vistos na normalidade de operação no hospital de ensino. Portanto, a presente pesquisa considerou a previsão de demanda em níveis adequados e normais de atividade, sem levar em consideração a demanda durante o período de pandemia.

Por fim, o cenário encontrado nesta pesquisa pode incentivar novas pesquisas na área acadêmica e, também, na prática empresarial. De tal forma, a extensão da sistemática aqui proposta para os demais almoxarifados da Universidade figura como atividade futura. A tentativa de agregar os dados de consumo dos materiais em bimestres não surtiram efeito para reduzir os índices de erros de predição. Para estudos futuros, sugere-se alternar agregações em diferentes meses, com vistas a melhorar a qualidade de aderência dos dados, gerando testes preditivos mais acurados. Além disso, o estudo pode servir de apoio para outras Instituições Públicas seguirem o hábito de previsão de demanda, contribuindo, assim, para a prática do planejamento no setor público, o que submete à boa gestão dos recursos públicos.

2.6 Referências

ARCHER, B. Forecasting Demand: Quantitative and Intuitive Techniques. **International Journal of Tourism Management**. v.1, n.1, p. 5-12, 1980.

ARMSTRONG, J. S.; BRODIE, R. J. Forecasting for Marketing. In: HOOLEY, G. J.; HUSSEI, M. K. **Quantitative Methods in Marketing**. 2. ed., London: International Thompson Business Press, 1999.

ARMSTRONG, J. S.; COLLOPY, F. Error Measures for Generalizing about Forecasting Methods: Empirical Comparisons. *International Journal of Forecasting*. v. 8, n. 1, p. 69-80, 1992.

ARNOLD, J. R. T. *Administração de Materiais*. 1 ed. São Paulo: Atlas S.A., 2011.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616p., 28cm.

BARBIERI, J.C.; MACHLINE, C. **Logística Hospitalar: teoria e prática**. São Paulo: Saraiva, 2006.

BOAVENTURA, E. M. **Metodologia de pesquisa: monografia, dissertação, tese**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

BUSSINGER, M. P.; READ, R. R. Identification of Demand Patterns for Selective Processing: A Case Study. **Omega**. v. 27, n.2, p. 189-200, 1999.

CASSÃO F. B.; BRAGA, C. M. Previsão da demanda, uma visão logística - estudo de caso na secretaria de Assistência Social de Santana de Parnaíba. **Revista Internacional de Debates da Administração Pública (RIDAP)**, v. 2, n. 1, p. 135-150, jan-dez, 2017. Disponível em: <https://periodicos.unifesp.br/index.php/RIDAP/article/view/1278/615>. Acesso em: 26 jul. 2021.

CHRISTODOULOS, C.; MICHALAKELIS, C.; VAROUTAS, D. Forecasting with limited data: Combining ARIMA and diffusion models. *Technological Forecasting & Social Change*, v. 77, n. 4, p. 558-565, 2010.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N.; CAON, M. Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação. São Paulo: Atlas, 1997.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2012.

CROXTON, K.L.; LAMBERT, D.M.; GARCÍA-DASTUGUE, S.J. & ROGERS, D. S. (2008). The Demand Management Process. In: LAMBERT, D. M. Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance. Florida: Supply Chain Management Institute.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. Fundamentos da Administração da Produção. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

DIAS, Marco Aurélio P.. **Administração de materiais: Princípios, conceitos e gestão**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2005.

DIAS, Marco Aurélio P.; **Administração de Materiais**. São Paulo: Atlas, 2008

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de Materiais: uma abordagem logística**. 4. Ed. 22. Reimp. São Paulo: Atlas, 2010.

ELSAYED, E. BOUCHER, T. **Analysis and Control of Production Systems**. 2. ed., New Jersey: Prentice-Hall, 1994.

- GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GONÇALVES, Paulo Sergio: **Administração de Materiais**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- GONÇALVES, P. S.; SCHWEMBER, E. **Administração de estoques: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Interciência, 1979.
- GOODWIN, P. Integrating Management Judgment and Statistical Methods to Improve Short-term Forecasts. *Omega*. v. 30, n. 2, p. 127-135, 2002.
- GOTTARDI, G.; SCARSO, E. Diffusion models in forecasting: A comparison with the Box-Jenkins approach. *European Journal of Operational Research*, v. 75, n. 3, p. 600-616, 1994.
- KAHN, K. Benchmarking Sales Forecasting, Performance Measures. **The Journal of Business Forecasting**. Winter, p 19-23, 1998.
- KHASHEI, M.; BIJARI, M. An artificial neural network (p, d, q) model for timeseries forecasting. *Expert Systems with Applications*, v. 37, n. 1, p. 479-489, 2010.
- KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de produção e operações**. 8 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 615 p.
- LANNA, Elisa Cunha. Estratégias e práticas para um gerenciamento logístico eficiente na área hospitalar, *Perspectivas Online*, vol.5, n.17, 2011.
- LINCK, Arthur Carlos. **Modelo de previsão de demanda para um produto do almoxarifado central da Universidade Federal de Santa Maria**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2019.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; HYNDMAN, R. **Forecasting: Methods and Applications**. 3. ed., New York: John Wiley & Sons, 1998.
- MENTZER, J. T.; GOMES, R. Evaluating a Decision Support Forecasting System. *Industrial Marketing Management*. v. 18, n.4, p. 313-323, 1989.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. **Análise de séries temporais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. 535p.
- NEGROMONTE FILHO, R. B et al. Importância do Gerenciamento de Estoques no Capital de Giro: um estudo de caso. **Revista Científica da Escola de Negócios**, Natal, RN, v. 2, n. 1, p. 45 – 64, ago/2012. Disponível em: <<http://repositorio.unp.br/index.php/connexio/article/view/214>> Acesso em: 09 nov. 2021.
- NOVAES, A. G. N.; ALVARENGA, A. C. **Logística aplicada: suprimento e distribuição física**. 3. Ed. São Paulo: Blucher, 2000.

PEIXOTO, Graziani Mendonça. **Previsão de demanda em registro de preços: análise dos processos de compras da reitoria do Instituto Federal do Espírito Santo**. 2016. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Gestão Pública do Centro de Ciências Jurídicas e Econômicas. Universidade Federal do Espírito Santo. Vitória, 2016.

PESENTI, Rafael Bortolo. **Modelo de dimensionamento de estoques no setor público aplicado a uma instituição federal de ensino superior**. 2019. Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado Profissional em Administração Pública em Rede Nacional. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

POZO, Hamilton. **Administração de recursos materiais e patrimoniais**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

RODRIGUES, P. I. et al. *Modelos de previsão de demanda dos Poupatempos nas regiões administrativas do Estado de São Paulo*. Jornada Científica e Tecnológica. Botucatu: 2017.

SANTOS, A. B. et al. Previsão de Demanda de refeições em restaurante universitário com oferta insuficiente. *Revista Gestão Universitária na América Latina - GUAL*, v. 10, n. 2, p. 210-228, 2017.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da Produção**. Tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOARES, J. A. R. *A análise de risco, segundo o método de Monte Carlo, aplicada à modelagem financeira das empresas*. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia) – Programa de Pós-graduação em Economia. Porto Alegre - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

THOMAS, R. J. Estimating Demand for Services: Issues in Combining Sales Forecasts. **Journal of Retailing and Consumer Services**. v. 3, n. 4, p. 241-250, 1996.

VIANA, João José. **Administração de Materiais: um enfoque prático**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WANG, C. C. A comparison study between fuzzy time series model and ARIMA model for forecasting Taiwan export. *Expert Systems with Applications*, v. 38, n. 9, p. 9296-9304, 2011.

WINTERS, P. R. Forecasting Sales by Exponentially Weighted Moving Average. **Management Science**. v. 6, p. 324-342, 1960.

YIN, R. K. *Estudo de Caso - Planejamento e Método*. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

APÊNDICE A - Demanda Mensal de Materiais

Tabela 10: Demanda mensal da Gaze

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2017	-	-	-	-	-	-	-	-	91	56	54	62
2018	20	30	52	73	50	121	52	51	60	111	66	51
2019	15	43	11	64	120	51	55	18	74	119	42	20

Fonte: Elaborado pelo Autor

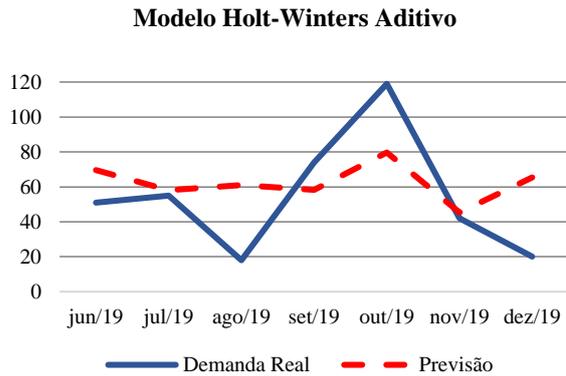
Tabela 11: Demanda mensal do Kit Cirúrgico

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2017	-	-	-	-	-	-	-	-	85	100	50	30
2018	40	10	45	95	60	50	3	90	30	3	46	55
2019	4	5	40	65	75	75	4	43	25	118	43	5

Fonte: Elaborado pelo Autor

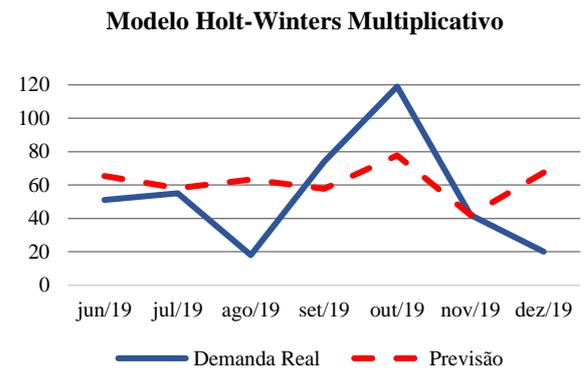
APÊNDICE B - Gráficos de modelos preditivos

Figura 14: Gráfico modelo preditivo Holt-Winters aditivo da Gaze



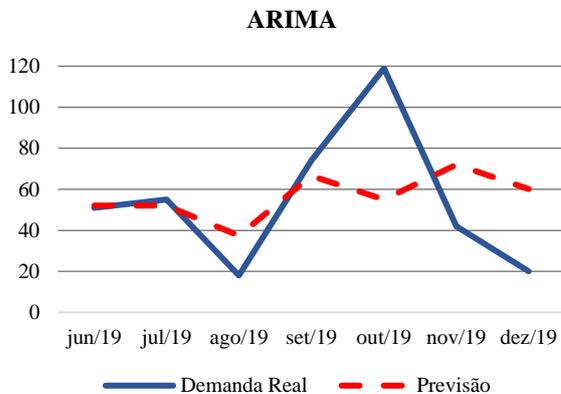
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 15: Gráfico modelo preditivo Holt-Winters multiplicativo da Gaze



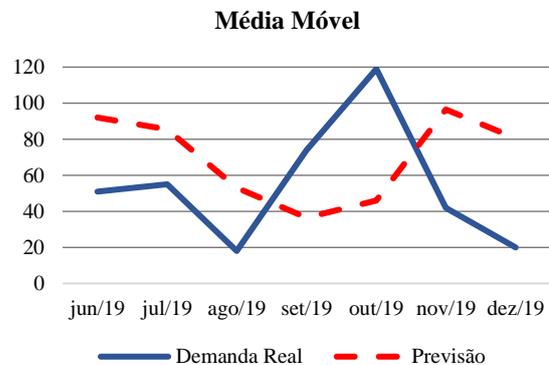
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 16: Gráfico modelo preditivo ARIMA da Gaze



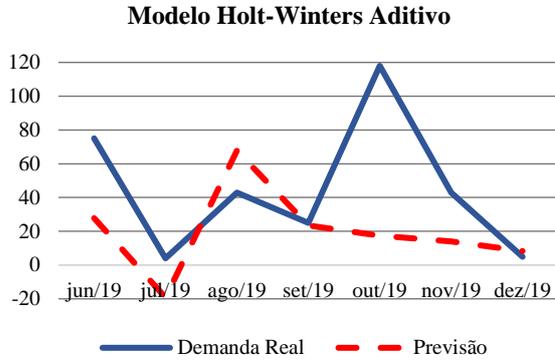
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 17: Gráfico modelo preditivo Média Móvel da Gaze



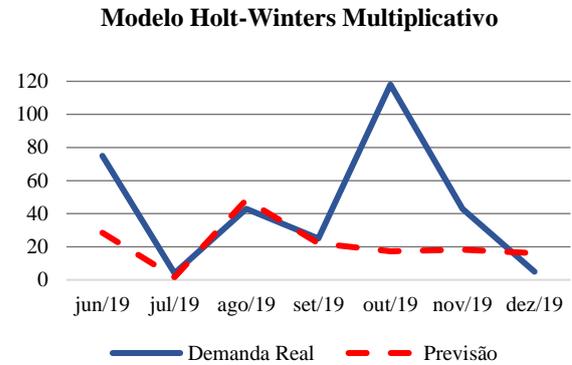
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 17: Gráfico modelo preditivo Holt-Winters aditivo do Kit Cirúrgico



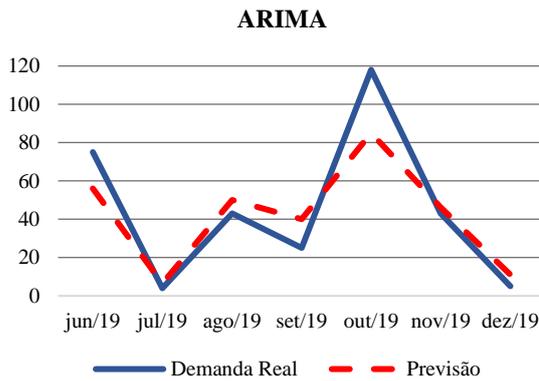
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 19: Gráfico modelo preditivo Holt-Winters multiplicativo do Kit Cirúrgico



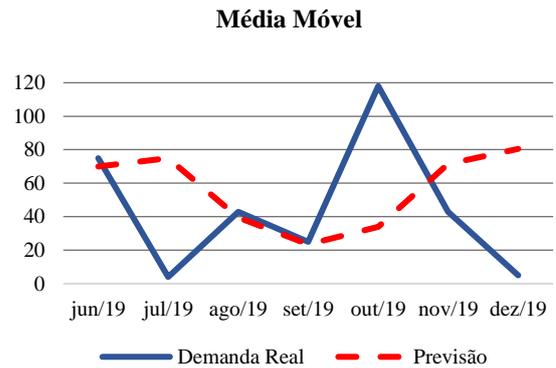
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 19: Gráfico modelo preditivo ARIMA do Kit Cirúrgico



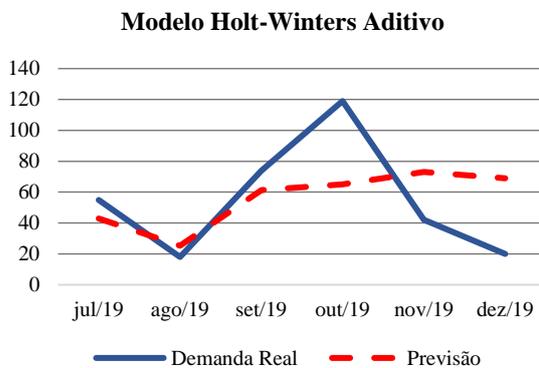
Fonte Elaborado pelo Autor

Figura 20: Gráfico modelo preditivo Média Móvel do Kit Cirúrgico



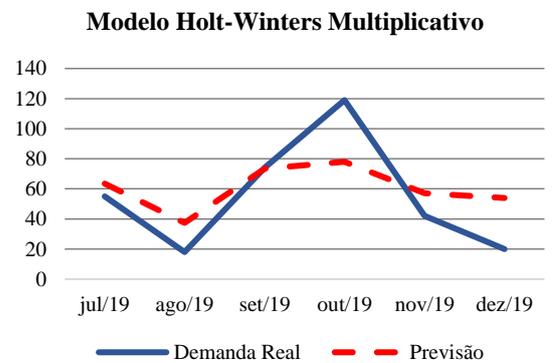
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 21: Gráfico modelo preditivo desagregado Holt-Winters aditivo da Gaze



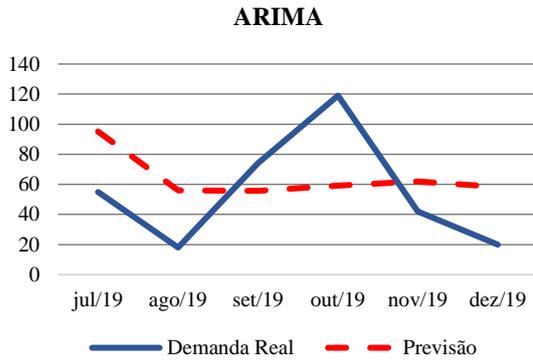
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 22: Gráfico modelo preditivo desagregado Holt-Winters multiplicativo da Gaze



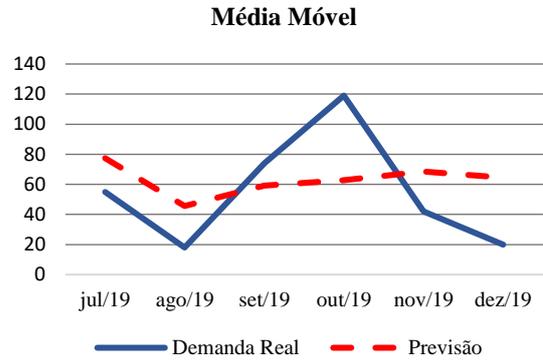
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 23: Gráfico modelo preditivo desagregado ARIMA da Gaze



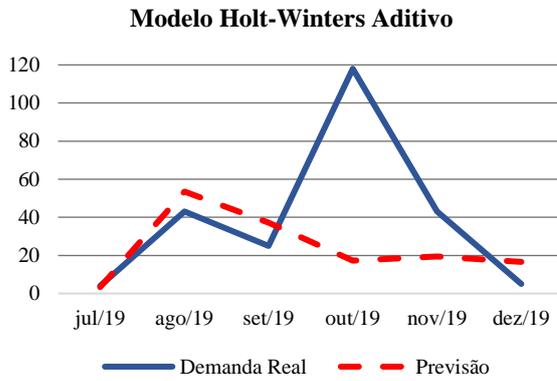
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 24: Gráfico modelo preditivo desagregado Média Móvel da Gaze



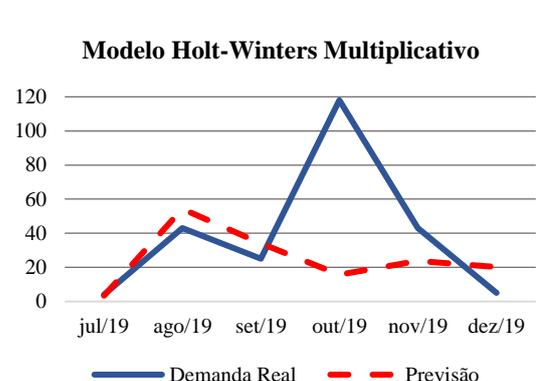
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 25: Gráfico modelo preditivo desagregado Holt-Winters aditivo do Kit Cirúrgico



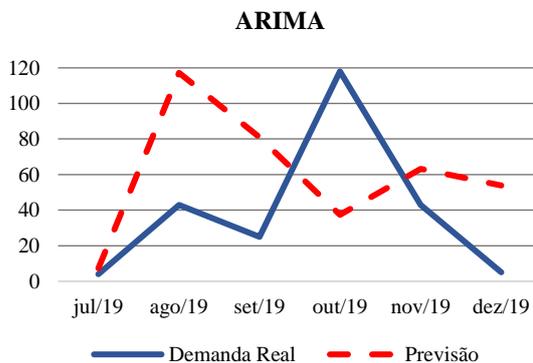
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 26: Gráfico modelo preditivo desagregado Holt-Winters multiplicativo do Kit Cirúrgico



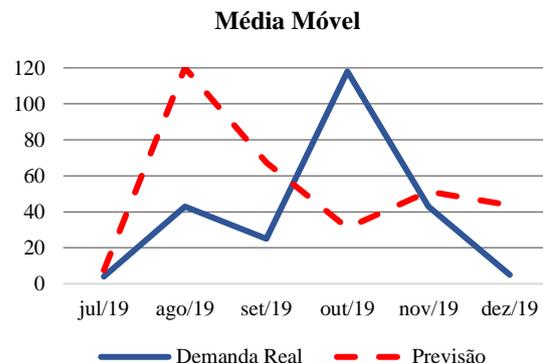
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 27: Gráfico modelo preditivo desagregado ARIMA do Kit Cirúrgico



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 28: Gráfico modelo preditivo desagregado Média Móvel do Kit Cirúrgico



Fonte: Elaborado pelo Autor

APÊNDICE C - Dados de consumo agregados em bimestre

Tabela 12: Demanda agregada em bimestres da Gaze

Ano	Jan/Fev	Mar/Abr	Mai/Jun	Jul/Ago	Set/Out	Nov/Dez
2017	-	-	-	-	147	116
2018	50	125	171	103	171	117
2019	58	75	171	73	193	62

Fonte: Elaborado pelo Autor

Tabela 13: Demanda agregada em bimestres do Kit Cirúrgico

Ano	Jan/Fev	Mar/Abr	Mai/Jun	Jul/Ago	Set/Out	Nov/Dez
2017	-	-	-	-	185	80
2018	50	140	110	93	33	101
2019	9	105	150	47	143	48

Fonte: Elaborado pelo Autor

3. SEGUNDO ARTIGO: GESTÃO DE ESTOQUE REGIDA POR LICITAÇÃO EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR VIA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Daniel Mezzomo Halmenschlager

Michel José Anzanello

Resumo

A gestão adequada de estoques nas Instituições de Ensino Superior (IES) torna-se tópico de fundamental importância para assegurar o nível de serviço frente às demandas das atividades de ensino. O objetivo do presente artigo é propor a estruturação de um modelo para gerenciamento de estoque em uma IES da área da saúde apoiada na Simulação de Monte Carlo. Inicialmente, foram levantados dados históricos de demanda do produto entendido como mais representativo para tratamento estatístico, bem como informações sobre a política adotada no controle de estoque de tal item. Tendo em vista a demanda sazonal do produto analisado, foram desenvolvidas modelagens para diferentes patamares de demanda do item em análise (período de alto consumo e período de baixo consumo). Através da simulação de Monte Carlo, foi possível avaliar a eficiência da política de estoques adotada pela instituição em relação ao volume médio ocupado pelo estoque (a ser minimizado) e o nível de serviço (a ser maximizado). Na sequência, foram gerados cenários alternativos de gestão, avaliando-se o impacto de diferentes variáveis de entrada (como frequência de reposição e nível alvo de estoque) sobre o volume ocupado e o nível de serviço. Ao final, compararam-se os parâmetros entre o modelo proposto e o atualmente utilizado pela IES. Constatou-se que a metodologia proposta conduz a melhores resultados em termos de volume de estoque, assegurando os níveis de serviço praticados pelo atual modelo de gestão de materiais.

Palavras-chave: Gestão de estoques; simulação de Monte Carlo; Órgãos Públicos

3.1 Introdução

As Instituições de Ensino Superior (IES) frequentemente realizam contratações de serviços e aquisições de material de consumo com o intuito de contribuir no oferecimento dos serviços finalísticos de ensino aos alunos. Com isso, precisam zelar pela manutenção e pela gestão dos estoques em suas unidades administrativas. Andrade (2018) afirma que a

administração eficiente e eficaz é um desafio para todo gestor, em qualquer segmento, esteja à frente de empresas públicas ou privadas, cooperativas, organizações não-governamentais, fundações, autarquias ou da própria Administração direta do Governo. No que tange à Administração Pública do Brasil, a tarefa é ainda mais complexa pois, segundo o autor, a gestão deve respeitar as legislações vigentes e atender, de forma eficiente e eficaz, as necessidades da população, garantindo os direitos sociais previstos na Constituição.

A gestão de estoques, conforme afirma Wanke (2013), abrange um conjunto de decisões com intuito de coordenar a demanda existente com a oferta de produtos e materiais. De forma geral, para Ballou (2001), as razões para manter estoques estão relacionadas com a necessidade de se garantir determinado nível de serviço, observando-se as características do produto, da operação e da demanda. Contudo, Brito (2005) alerta que é importante manter estoques em níveis adequados, de maneira a contribuir para a rentabilidade da organização.

O adequado investimento em estoque é fator primordial para o âmbito orçamentário e financeiro de uma instituição. Sendo assim, a escolha de uma política de estoques precisa é fundamental para o bom desempenho de uma organização. De acordo com Krajewski e Ritzman (2008), uma gestão de estoques eficiente consiste em definir um nível de operação em que se equilibrem as vantagens e desvantagens de níveis altos e baixos de estoques. Manter estoques altos, segundo Krajewski e Ritzman (2008), significa incorrer em custos de armazenamento e guarda, gastos com seguros e taxas, além do custo de oportunidade do capital investido para manter os itens. Operar com níveis menores de estoque reduz esses custos, mas tende a diminuir a utilização de equipamentos e mão-de-obra e, principalmente, impacta negativamente na satisfação dos clientes pela redução no nível de serviço. Dentro deste contexto, faz parte da estratégia organizacional mensurar e ajustar os custos associados a estoques, pois decisões quanto ao seu volume refletem nos resultados financeiros da organização e devem, portanto, ter atenção especial. Nesse sentido, Scheidegger (2014) acrescenta que, mesmo que uma grande parte dos órgãos públicos atualmente adotem sistemas integrados de gestão de estoques, ainda há oportunidade para aprimorar tal gestão, visto que a maioria das IES públicas enfrenta dificuldades nas aquisições de materiais de consumo.

De acordo com Lima et al. (2007), as organizações têm procurado novas tecnologias que permitam utilizar as informações relevantes de forma unificada e integrada, visando apoiar o processo decisório. De acordo com Andrade (1989), em um contexto de complexidade no gerenciamento de estoques, a utilização de simulações computacionais aparece como ferramenta essencial para subsídio na tomada de decisões relativas ao inventário. Modelos de

simulações, segundo o autor, possibilitam a geração de cenários de forma concisa, permitindo avaliar e testar iterações de um sistema, estudando as variações no ambiente de aplicação e verificando seus efeitos no sistema. A Simulação de Monte Carlo (SMC) é uma das técnicas de simulação disponíveis na literatura, destacando por sua aplicabilidade a problemas de gestão de estoques, permitindo verificar a eficiência de distintas políticas.

Este artigo propõe uma sistemática para gerenciamento de estoque de materiais em um Hospital Público de Ensino apoiada na SMC. O objetivo da modelagem é definir uma política de gestão de estoque voltada à redução do volume de material armazenado, sem prejuízo aos níveis de serviço requeridos pelo sistema. O nível de estoque torna-se relevante para a gestão de estoques pois incorre em custos de armazenagem, e a minimização do volume dos materiais é importante para o cenário em questão, visto que a instituição armazena mais de 500 itens distintos e, além disso, apresenta restrições de espaço para armazenagem de todos os bens. Uma gestão adequada de estoque dos itens mais representativos pretende não somente assegurar a disponibilidade de material para sua pronta utilização, mas também reduzir o espaço de almoxarifado necessário para guarda dos materiais, minimizando assim problemas de danos aos materiais decorrentes de movimentações e deslocamentos dos colaboradores nos locais de armazenagem. A pesquisa se torna relevante e necessária para a gestão da IES estudada, pois além dos aspectos já elencados, apoia-se em processos licitatórios para aquisição de insumos.

Além da presente introdução, o artigo é composto por referencial teórico acerca dos fundamentos de gestão de estoques, políticas de revisão de estoques e simulação de Monte Carlo na seção 2. Os procedimentos metodológicos são descritos na seção 3. Na seção 4 é apresentado o estudo de caso com os resultados obtidos da aplicação do método. Por fim, a seção 5 conclui o trabalho, propondo oportunidades na área para futuros trabalhos.

3.2 Referencial Teórico

Nesta seção serão apresentados conceitos básicos sobre modelos de gestão de estoques e simulação de Monte Carlo.

3.2.1 Aspectos básicos de estoques

Para Panitz (2006), estoque é a parte da logística responsável pela guarda de produtos, enquanto que Moreira (2008) o define como quaisquer quantidades de bens físicos armazenados

por determinado intervalo de tempo. Segundo Dias (2008), a meta de qualquer empresa é maximizar lucro sobre o capital investido; para obter um lucro máximo, a empresa deve evitar que esse capital investido fique inativo.

De acordo com Martins et al. (2009), os estoques têm a função de regular o fluxo de negócios. Os autores citam que, como a velocidade com que as mercadorias são recebidas é frequentemente diferente da velocidade com que são consumidas, há a necessidade de formação de um estoque que funcione como um amortecedor (*buffer*). De forma semelhante, Ballou (2006) cita que os estoques funcionam como um “pulmão” entre a oferta e a demanda, garantindo aos clientes a disponibilidade dos produtos de maior demanda, ao mesmo tempo em que se dá flexibilidade à produção e logística na busca de métodos eficientes de produção e distribuição de mercadorias.

Moreira (2001) chega à conclusão que a necessidade de investir em estoques decorre da impossibilidade da produção reagir rapidamente a um estímulo da demanda, havendo necessidade de flexibilização através de produtos acabados, que funcionam como amortecedores deste impacto. Por outro lado, o autor afirma que o acúmulo de produto ocorre sempre que a taxa de consumo for menor que a taxa de produção. Desta forma, o estoque faz o papel de elemento regulador da velocidade do fluxo de produção em relação à demanda. Dentro dessa linha, para Arnold (2011), os estoques ajudam a maximizar o atendimento aos clientes, protegendo a empresa da incerteza.

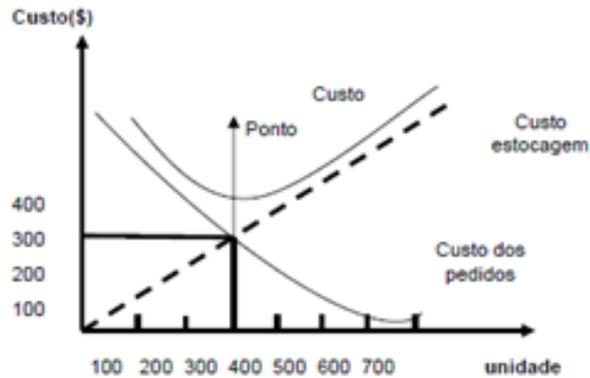
Ballou (2006) cita que há críticos que contestam a necessidade de manutenção de estoques a partir de várias linhas de argumentação. O referido autor cita que muitos consideram os estoques, por exemplo, desperdício, pois absorvem capital que teria utilização mais rentável se destinado a incrementar a produtividade e a competitividade. Além disso, os estoques não contribuem com qualquer valor direto para os produtos da empresa, apesar de armazenarem valor. Em segundo lugar, os estoques, às vezes, acabam desviando a atenção de problemas de qualidade. Nesta linha, Slack et al. (2009) advertem que estoque congela dinheiro, imobiliza uma porcentagem do capital de giro da empresa e acarreta custo com armazenamento, além de pontuar que produtos estocados podem se tornar obsoletos, deteriorar-se, consumir espaços e envolver custos administrativos. Novaes e Alvarenga (2000) e Gasnier (2002) corroboram as afirmações acima, defendendo que o acúmulo de materiais implica em penalidades para a empresa e para a cadeia de suprimentos: necessidade de espaço físico maior, maiores custos operacionais, despesas com financiamento do capital de giro, falta de liquidez financeira, perdas por obsolescência e validade.

Porém, Souza e Diehl (2009) afirmam que o estoque é um mal necessário, sendo que, de forma geral, sua única função é amortecer a diferença de ritmo entre fornecimento e demanda. Dias (2008) afirma que é impraticável uma empresa trabalhar sem a existência de estoques, pois ele tem a função de amortecer as várias etapas do processo produtivo até a venda final do produto. Gasnier (2002) segue na mesma linha de raciocínio, questionando como as organizações devem lidar com esse dilema, que é conhecido como *trade off* ou perdas compensatórias.

A respeito dos custos logísticos, Faria e Costa (2010) citam que são os custos de planejar, implementar e controlar todo o inventário de entrada, em processo de saída, desde o ponto de origem até o ponto de consumo. Ballou (2006) aponta três diferentes tipos de custos: (i) custos de aquisição; (ii) custos de manutenção; e (iii) custos de falta de estoques. Segundo Ballou (2006), os custos de aquisição são todos os recursos envolvidos na realização do pedido e do investimento na mercadoria; os custos de falta de estoques, de acordo com o autor, se relacionam aos custos de oportunidade pelas vendas perdidas por falta de estoque. Cabe ressaltar neste contexto que, no caso da logística hospitalar em um ambiente de ensino, some-se ao custo de falta de material o impacto da interrupção no ensino dos discentes. Os custos de manutenção, por sua vez, estão relacionados ao fato de se ter o estoque físico, incluindo o espaço e a movimentação de armazenagem, e o custo de capital que decorre da mercadoria parada no tempo.

Conforme Gonçalves (2010), as empresas utilizam diversas técnicas para equacionar o conflito de interesse no que se refere aos níveis ótimos de estoque, ou seja, uma quantidade ideal de compra de cada item. Dentro deste contexto, o Lote Econômico de Compra (LEC) é a abordagem mais trabalhada. Bowersox e Closs (2010) afirmam que o LEC pode ser definido como a quantidade do pedido de ressurgimento que minimiza a soma do custo de manutenção de estoque e de emissão e colocação de pedidos. Para Bowersox e Closs (2010), o lote econômico de compra é o ponto de equilíbrio entre o *trade off* “quantidade de pedidos versus estoque”, conforme a Figura 30.

Figura 29: Gráfico custo total de estoque



Fonte: Bowersox e Closs (2012)

De acordo com Slack et al. (2009), o LEC pode ser obtido pela equação (15).

$$Q = \sqrt{\frac{2C_0D}{C_h}} \quad (15)$$

onde: Q = Tamanho do lote; C_0 = custo por pedido; D = demanda do período; e C_h = custo unitário de estocagem. Bowersox e Closs (2010) citam que a apuração da quantidade do LEC considera que os custos e a demanda são relativamente estáveis. Além disso, o LEC deve ser calculado para cada produto.

3.2.2 Modelos de gestão de estoques

Conforme Garcia et al. (2006), um aspecto importante na gestão de estoques é a definição de uma política de revisão adequada. Acerca disso, há duas políticas tipicamente abordadas na literatura: a revisão contínua (Q) e a revisão periódica (P). De acordo com Silver et al. (1998), modelos de revisão periódica estabelecem intervalos de tempo em que os níveis de estoque serão verificados. Segundo Corrêa e Corrêa (2012), o sistema de revisão periódica é comumente empregado para gerenciar itens de menor valor e menor custo de armazenagem, em que periodicamente são checados os estoques e realizadas as encomendas das quantidades complementares para uma quantidade máxima preestabelecido para o estoque.

Já os modelos de revisão contínua, segundo Silver et al. (1998), estabelecem que os estoques são monitorados continuamente e um pedido de compra é disparado sempre que o nível de estoque atingir uma quantidade preestabelecida (chamado de ponto de pedido).

Conforme Krajewski e Ritzman (2008), o sistema de revisão contínua apresenta as seguintes vantagens: (i) estoque de segurança reduzido, com conseqüente minimização dos custos de manutenção dos estoques, (ii) individualização da revisão de estoque de cada item, possibilitando a redução de custos totais de estoque, e (iii) fixação do tamanho dos lotes de compra, o que viabiliza descontos por quantidade. Neste modelo, segundo Lau (1989), a quantidade pedida é tipicamente equivalente ao LEC, e o Ponto de Pedido (s) é calculado avaliando-se o nível de serviço que se pretende oferecer.

A grande vantagem do sistema periódico frente ao contínuo, segundo Novaes e Alvarenga (2000), se refere à flexibilização do período a ser empregado para reposição, justificando a vasta aplicação desta sistemática em empresas. Além disso, segundo Krajewski et al. (2009), o sistema periódico se torna vantajoso pelo fato de que a quantidade de estoque só precisa ser conhecida quando a revisão é realizada, ao contrário do sistema Q, que é feita continuamente. Apesar disso, o sistema P pode ser desvantajoso, segundo Baker et al. (2013), por gerar uma proteção menor contra rupturas no estoque durante um horizonte de tempo mais longo, e assim, requer um estoque de segurança maior. Setyaningsih e Basri (2013) enxergam outra desvantagem do modelo periódico haja vista que gera imprecisões na determinação da quantidade de inventário para um grande volume de vendas.

Silver et al. (1998) afirmam que existem dois modelos mais utilizados para definição da quantidade e do momento que haverá ressuprimento no sistema periódico. Segundo os autores, o modelo (T, S) avalia periodicamente as quantidades em estoque e abastece o estoque até seu valor máximo, independente das quantidades em estoque no momento da revisão. O modelo (T, s, S) é similar ao (T, S), contudo só sugere o ressuprimento se o estoque estiver em um determinado nível, chamado de ponto de reposição, no momento da revisão. O presente estudo foca-se no modelo de revisão periódico, caracterizado pelo intervalo de reposição constante no modelo (T, S).

O estoque de segurança, por sua vez, é elemento fundamental na política de estoque, visto que protege o sistema da variabilidade na demanda e no *lead time*, além de garantir o nível de serviço desejado. Nessa linha, segundo Gaither e Frazier (2004), o estoque de segurança deve ser calculado com base no conceito de nível de serviço, que se refere à probabilidade de que a falta de um produto em estoque não ocorra. De acordo com Krajewski e Ritzman (2008), é determinado através da multiplicação do desvio padrão da demanda durante o *lead time* (σL) pelo inverso da distribuição cumulativa normal padrão do nível de serviço desejado (z), conforme equação (16):

$$ES = \sigma_L * z \quad (16)$$

3.2.3 Gestão de compras governamentais

Para Fenili (2016), existem três atributos essenciais para a gestão de compras eficiente: preço econômico, qualidade e celeridade. Contudo, os órgãos públicos brasileiros encontram dificuldades, sobretudo nos aspectos da celeridade. Kovacic e Pecek (2007) destacam que as organizações do setor público normalmente enfrentam desafios diferentes daqueles encarados pelas organizações privadas. De acordo com Alves et al. (2012), ao contrário do setor privado, a administração pública está sujeita às leis que regulam as compras e contratações de bens e serviços e demais atividades.

A Constituição Federal, em seu art. 37, inciso XXI, com redação dada pela emenda 19/98, determina que a administração pública deve fazer uso dos procedimentos licitatórios para os processos de compras. O sistema de compras da administração pública é baseado na Lei nº 8.666/1993, que estabelece normas gerais sobre licitações e contratos administrativos pertinentes a obras, serviços e compras no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios (BRASIL, 1993). Nas compras governamentais, os processos de compra de material buscam garantir a observância do princípio constitucional da isonomia, a seleção da proposta mais vantajosa para a administração e a promoção do desenvolvimento nacional sustentável. O art. 15º da Lei nº 8.666/1993 introduz o sistema de registro de preços, que é regulamentado pelo Decreto de Lei nº 7.892/2013, que permite ao gestor orçar todos os produtos necessários, sem a obrigação de adquiri-los (BRASIL, 2013).

Além disso, encontra-se em vigor a Lei nº 10.520/2002 que institui a modalidade de licitação para a aquisição de bens e serviços comuns denominada Pregão (BRASIL, 2002). Assim, o pregão na forma eletrônica é regulamentado pelo Decreto nº 10.024/2019, no qual, através do art. 1º consta que “a utilização da modalidade de pregão, na forma eletrônica, pelos órgãos da administração pública federal direta, pelas autarquias, pelas fundações e pelos fundos especiais é obrigatória” (BRASIL, 2019).

Scheidegger (2014) aborda alguns problemas existentes na gestão dos estoques em instituições públicas. Segundo o autor, costumam ocorrer reposições excessivas dos materiais em ambientes públicos, visto que através de uma pressão insuficiente sobre os custos incorridos acaba gerando aumento excessivo dos estoques. Segundo Gui-sheng (2010), estes problemas

são fundamentalmente provocados por um modo de gestão de materiais desintegrado e, também, por restrições impostas pelas Leis que impedem cooperação com os fornecedores.

Por conta da abrangência do tema, há estudos na literatura a respeito da gestão de estoque em instituições regidas por licitações públicas. Pesenti (2019) propôs um modelo de dimensionamento de estoques aplicado a uma instituição federal de ensino superior. Paiva (2007), por sua vez, avaliou a eficácia da aquisição de bens e serviços por meio de licitação na modalidade pregão presencial em um centro de atividades do SESI. Melo et al. (2016) e Alemsam (2020) estudam a gestão de materiais médico-hospitalar em hospitais públicos.

3.2.4 Simulação de Monte Carlo

Conforme Pedgen et al. (1995), a simulação é o processo de elaborar um modelo baseado em um sistema real e conduzir experimentos, com o propósito de compreender o comportamento do sistema ou então avaliar várias estratégias para operação do mesmo. Amanifard et al. (2011) completam que o intuito das técnicas de simulação é suportar decisões quando a realização de pilotos ou testes reais é inviável, seja por questões de segurança, financeiras, limitação de recursos tecnológicos ou temporais. Segundo Krajewski e Ritzman (2008), as vantagens de se utilizar simulação residem na possibilidade de se conduzir experimentos sem interferir no sistema real, além de se obter propriedades do sistema em curto período de tempo quando comparado à simples observação do sistema real.

De acordo com Metropolis e Ulam (1949), a SMC nasceu nos Estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial. Lustosa et al. (2004) citam que o projeto inicial consistia na simulação direta de problemas probabilísticos relacionados com a difusão aleatória das partículas de nêutrons quando submetidas a um processo de fissão nuclear. Segundo Metropolis e Ulam (1949), o nome da simulação é inspirado na cidade de Monte Carlo, em Mônaco, devido aos seus cassinos e jogos de azar, em específico ao aspecto aleatório de suas roletas.

Como colocado por Donatelli e Konrah (2005), a SMC envolve números aleatórios e distribuições de probabilidade para simulação de cenários e análise de resultados. Segundo Moore e Weatherford (2005), o sistema gera randomicamente diversos valores para as variáveis de entrada e, de acordo com as combinações realizadas, retorna as variáveis de saída que são o foco do estudo. Saraiva et al. (2011) complementam que os números são obtidos através de artifícios aleatórios ou diretamente de *softwares*, através de funções específicas. Lustosa et al.

(2004) afirmam que, em estudo de gestão de estoque, as variáveis de saída são tipicamente a demanda ou o *lead time* (quando se percebe variabilidade nos tempos de entrega).

Segundo Saraiva et al. (2011), o resultado do processo é armazenado a cada iteração e, ao final de todas as repetições, a sequência de resultados gerados é transformada em uma distribuição de frequências, que possibilita calcular estatísticas descritivas. De acordo com Krajewski e Ritzman (2008), após a construção do modelo, as variáveis podem ser manipuladas para mensurar o efeito das alterações no sistema. Segundo os referidos autores, a simulação não assegura a solução ideal para um problema, mas permite comparar alternativas de solução. Lustrosa et al. (2004) confirmam que a simulação de Monte Carlo deve ser utilizada em problemas decisórios de várias naturezas, e é especialmente útil em situações que envolvem análise de riscos, como a gestão de estoques, por exemplo.

Por conta de sua flexibilidade, a SMC tem sido amplamente utilizada em diversas áreas e setores. Na gestão de estoques, Beck e Anzanello (2015) avaliaram os impactos de distintos pontos de reposição, *lead time* e tamanho de lote sobre os custos da gestão de estoques através da SMC. Antônio et al. (2016) compararam dois modelos de gestão de estoque, variando o nível máximo de estoque e avaliando o nível de serviço obtido, enquanto que Saraiva et al. (2011) utilizaram a ferramenta para realizar uma análise econômica de pedido. Com propósitos semelhantes, Rogers et al. (2004) avaliaram o risco da gestão financeira de estoques, ao passo que Nonenmacher e Anzanello (2016) utilizaram a SMC para comparação de políticas de gestão de estoque.

No contexto de análise de riscos, Soares (2006), Malleta (2005) e Sartori et al. (2006) utilizaram a SMC para gerenciamento e análise de riscos. Rosário et al. (2015) usaram o método no intuito de reduzir filas de espera; Plizzari (2017) aplicou em políticas de substituição de máquinas e equipamentos, e Sanches et al. (2007) aplicaram no dimensionamento determinístico de Kanbans. Homem-de Mello e Bayraksan (2014) contribuem dizendo que a SMC tem sido utilizada em diferentes áreas do conhecimento, como planejamento de energia, segurança, saúde, finanças, transportes e gestão da cadeia de suprimentos.

No ramo agrícola, a SMC também tem ampla utilização. Mendes et al. (2010), por exemplo, aplicaram o método em análise de viabilidade em projetos de investimentos de longo prazo na atividade agrícola de silvicultura. Cardoso (2016) aplicou a SMC na avaliação e comparação de diferentes probabilidades de ocorrência de lucros para produtores de trigo. Santos e Campos (2000), por sua vez, usaram a ferramenta para propor uma metodologia para

avaliar os riscos de sistemas agroflorestais, e Ortiz et al. (2004) utilizaram o método para descrever um procedimento de modelagem de fertilidade do solo.

3.3 Passos da abordagem proposta

Gil (1999) afirma que pesquisa é um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. Segundo Lakatos e Marconi (2001), o método de pesquisa é um conjunto de atividades sistemáticas e racionais que permitem o alcance dos objetivos buscando o caminho a seguir, auxiliando nas decisões científicas. Este estudo pode ser classificado como método de pesquisa de natureza aplicada, pois possui interesse prático e, segundo Severino (2007), esse tipo de pesquisa tem como objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos. A aplicação prática do estudo se concentra no contexto de gestão de materiais em uma instituição pública.

A pesquisa possui caráter quantitativo, pois uma abordagem numérica através da análise dos dados históricos de demanda de material é realizada, e além disso discute os resultados baseados na exploração de cálculos numéricos e de técnicas estatísticas. Dessa forma, segundo Pita e Pértegas (2002), este tipo de pesquisa é capaz de identificar a natureza profunda das realidades, seu sistema de relações e sua estrutura dinâmica.

O objetivo da pesquisa pode ser classificado como exploratório pois, segundo Gil (2010), busca desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, tendo em vista a formulação de problemas mais precisos. Além disso, busca proporcionar maior familiaridade com o problema. Quanto aos procedimentos de pesquisa, o estudo classifica-se como estudo de caso, haja vista que representa uma investigação empírica e compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, coleta e análise dos dados, de acordo com Yin (2001).

Para a realização do estudo, inicialmente realizou-se um levantamento da demanda histórica de todos os tipos de embalagens para esterilização disponíveis no almoxarifado da instituição, de diferentes tamanhos. Com isso, buscou-se identificar, com o auxílio de especialistas, o material de maior representatividade e preferência do setor de esterilização da instituição. Foram priorizados itens cuja escassez representassem maior prejuízo às atividades didáticas, bem como aqueles itens cujo volume de armazenagem dificultassem as operações no almoxarifado. Os passos da sistemática proposta são detalhados na sequência.

3.3.1. Etapa 1 - Coleta e análise dos dados

Os dados históricos de consumo dos itens foram extraídos do banco de dados da instituição e correspondem a 25 meses, compreendidos de dezembro de 2017 a dezembro de 2019. A partir disso, utilizou-se o *software @Risk 8.2* (2021) para identificar a distribuição de probabilidade que descreve o comportamento da demanda do material em análise. O referido *software* realiza a análise de dados e expõe resultados a partir de testes estatísticos. Foram ainda levantados parâmetros adicionais de entrada relativos à gestão de estoques, incluindo *lead time* dos pedidos de compra realizados e dados de pedido mínimo registrados das atas de registros de preços do material constantes nos processos licitatórios do Órgão Público. Para isso, o banco de dados disponíveis na instituição foi consultado.

Por fim, foram levantadas as dimensões dos produtos de interesse, as quais permitiram calcular o volume unitário de cada unidade (tipicamente caixas e rolos) ocupado no almoxarifado da Unidade. Essa é uma variável relevante para o problema, visto que deseja-se minimizar o espaço ocupado pelo estoque por questões de praticidade operacional (principalmente em termos de movimentação) e redução de danos.

3.3.2 Etapa 2 - Desenvolvimento da modelagem

Shamblin e Stevens (1974) propõem seis passos para aplicação do método da simulação de Monte Carlo. Segundo os autores, primeiramente deve-se definir as variáveis envolvidas no sistema em análise com base em dados passados ou em estimativas subjetivas dos pesquisadores. Em um segundo momento, deve-se avaliar como se comportam as distribuições de probabilidade das variáveis selecionadas. A terceira etapa do método consiste em definir, para cada variável selecionada, os intervalos de incidência dos números aleatórios com base nas distribuições de frequência acumuladas projetadas. A quarta etapa, por sua vez, consiste em gerar os números aleatórios utilizados na simulação; e na quinta etapa utilizar os números gerados nos intervalos de classe de cada variável selecionada no início do estudo. Por fim, deve-se simular o experimento para obtenção dos resultados. Segundo Raychaudhuri (2008), após coletar os valores de saída associados a um determinado número de amostragens, podem ser feitas análises estatísticas para tomada de decisões sobre o sistema modelado. Lustosa et al. (2004) alegam que não há recomendações sobre o número máximo de simulações

a serem realizadas, porém, para que se obtenha uma amostra representativa, a simulação deve ser replicada no mínimo cem vezes.

No que tange o presente estudo, a simulação de Monte Carlo será aplicada a partir da geração de demandas aleatórias com base na distribuição estatística da demanda histórica do material analisado, com o intuito de simular a política de gestão de estoques que reduza o volume estocado do material, mantendo o nível de serviço adequado para a realização das atividades da instituição.

Com o intuito de propor um método de gestão de estoques que possa ser efetivamente utilizado pelo órgão público estudado sem a necessidade de mudanças consideráveis na política de gestão de materiais atualmente adotada, escolheu-se a política Periódica (P). No sistema estudado, a verificação do nível de estoque dos itens armazenados ocorre no início de cada mês (valor esse definido por especialistas de processo), o que sinaliza um intervalo de reposição (R) de 4 semanas. O nível desejado de estoque (T), também conhecido como nível máximo de estoque ou nível alvo, é parâmetro fundamental para a operacionalização do sistema P, e foi definido com o auxílio de especialistas do setor do almoxarifado da instituição. No presente estudo, as variáveis R e T são apenas parâmetros iniciais para a pesquisa, visto que sofrerão variações nos cenários alternativos (etapa 3 da metodologia).

Nos processos licitatórios atuais há a possibilidade de registrar quantidade mínima a ser solicitada em cada pedido de fornecimento, o que permite à Unidade Gerenciadora da Licitação administrar melhor as quantidades solicitadas ao fornecedor, podendo exigir lotes menores em cada solicitação (ou seja, somente o necessário para o período determinado). Desta forma, foi incluída na simulação do presente estudo essa peculiaridade presente nos processos licitatórios. A definição de pedido mínimo (pm) a cada reposição na simulação foi definida a partir de conferência na Ata de Registro de Preços mais recente do material em análise. Além disso, nos editais dos processos licitatórios da instituição consta a determinação do prazo máximo às empresas de fornecimento dos itens, e o tempo decorrido para a entrega dos materiais na Faculdade apresenta baixa variabilidade. Desta forma, utilizou-se no estudo de simulação o *lead time* de 3 semanas.

Para operacionalização da Simulação de Monte Carlo, elabora-se uma planilha eletrônica composta pelas seguintes colunas: períodos de movimentação (que se referem a semanas); nível de estoque inicial do período (NE); demanda aleatória (D) com base na distribuição de frequência analisada; número de itens escassos (E); e número de itens repostos (R). A apresentação da demanda (D) em cada período da simulação se dá através da geração de

dados aleatórios respeitando a distribuição de frequência dos dados históricos do material. O Nível de Estoque (NE) em cada semana refere-se à diferença do Nível de Estoque e a Demanda (D) constatados na semana imediatamente anterior. O Nível de Estoque da semana 1 (NE1) foi definido com ajuda de especialistas do setor.

A quantidade de unidades em cada pedido de reposição (Rep) refere-se à subtração do nível desejado (T) com o nível de estoque atual (NE), levando em consideração a quantidade mínima de fornecimento (pm) conforme determinado na Ata de Registro de Preços do material, e também o intervalo de reposição (R) definida no sistema de 4 semanas. Os dados iniciais de estoques foram definidos de modo que logo no início da simulação (semana 1) haja pedido de compra. Os pedidos entregues pelos fornecedores são inseridos nos níveis de estoque do sistema considerando o *lead time* de 3 semanas a partir de cada pedido de reposição. O indicador de escassez (E) elucida se na semana houve problemas no fornecimento, ou seja, se a demanda do material foi eventualmente maior do que a disponibilidade do mesmo em estoque ($E = D - NE$), o que acarreta, neste caso, em prejuízo para o nível de serviço do sistema. Caso o nível de estoque do período for maior que a demanda requisitada, o sistema retorna o valor de escassez igual a zero. Tais equações são representadas na Tabela 14.

Em termos das variáveis de saída (resultados da simulação), a planilha objetiva avaliar o volume médio de material (VM) da política de estoque simulada e o nível de serviço (NS) obtido no sistema. O volume médio (VM) é encontrado a partir do produto do volume unitário (v) do material analisado com a média dos níveis de estoque (m) encontrados a partir das iterações da simulação. Menores valores médios de VM são desejados, visto que representam menor volume de itens em estoque e facilitam as operações no almoxarifado. O nível de serviço (NS), por sua vez, representa uma grandeza percentual e é obtido pelo complementar da divisão da soma dos dados de Escassez (E) com a soma de todas as demandas aleatórias (D) geradas pela na simulação; quanto mais próximo de 100%, mais seguro o sistema (logo, valores elevados são desejados nesse parâmetro).

Os parâmetros de entrada do estudo, que municiam a planilha da simulação, foram relacionados em uma tabela para que as funções matemáticas do Excel possam utilizar esses valores, assim como testar, posteriormente, diferentes cenários com alterações de variáveis. Com o intuito de garantir a estabilidade do sistema proposto, foram utilizadas 15000 iterações na modelagem. A Tabela 14 ilustra o arranjo da planilha utilizada na simulação.

Tabela 14: Arranjo da planilha da simulação

Parâmetros de Entrada			Resultados Obtidos na Simulação	
T = definido por especialista	R = 4	Lead Time = 3	VM = m * v	NS = E / D
Semana	Nível de Estoque (NE)	Demanda (D)	Escassez (E)	Reposição (Rep)
1	NE1	D1	E1 = D1 - NE1	Rep1 = T - NE1
2	NE2 = NE1 - D1	D2	E2 = D2 - NE2	Rep2 = 0
3	NE3 = NE2 - D2	D3	E3 = D3 - NE3	Rep3 = 0
4	NE4 = NE3 - D3 + Rep1	D4	E4 = D4 - NE4	Rep4 = 0
5	NE5 = NE4 - D4 + Rep2	D5	E5 = D5 - NE5	Rep5 = T - NE5
...
15000	NE15000 = NE14999 - D14999 + Rep14997	D15000	E15000 = D15000 - NE15000	Rep 15000 = 0

Fonte: Elaborado pelo Autor

3.3.3 Etapa 3 - Simulação de cenários alternativos

Após a elaboração da planilha, foram geradas simulações de cenários alternativos, a fim de analisar possíveis mudanças de níveis de serviço e volume total da política de estoque (variáveis de saída) decorrentes de alterações no *lead time*, frequência de reposição e nível desejado de estoque (variáveis de entrada neste estudo). Tais cenários visam comparar a eficiência de cada simulação. Por fim, foi possível sugerir à gerência da instituição melhorias ao processo, em termos dos parâmetros que dizem respeito à gestão de estoques.

3.4 Resultados e discussão

O presente estudo foi realizado na Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), a qual administra um Hospital de Ensino Odontológico onde mensalmente cerca de 4 mil pacientes (oriundos da comunidade) são atendidos pelos discentes com vistas a cumprir a grade curricular das aulas práticas dos cursos oferecidos. Sendo assim, a fim de manter a disponibilidade de materiais de consumo, tornar possível a rotina de atendimentos no Hospital de Ensino e suprir a demanda de diversos departamentos e setores da Unidade, o setor de Almoarifado da referida Faculdade estoca e administra diversas famílias de materiais: odontológico, de expediente, de acondicionamento e embalagem, químico, de limpeza, de higienização, de proteção individual, para áudio/vídeo e foto, laboratorial e material hospitalar, dentre outros. O almoarifado é composto por dois espaços, um de 40m² e outro de 46m², localizado no mesmo local de distribuição de materiais aos discentes.

Em virtude das peculiaridades que o ambiente escolar de ensino superior apresenta, a demanda de materiais nas clínicas odontológicas possui padrões sazonais com grandes variações, verificando-se a alta demanda nos meses de meio dos semestres e com declínio nos meses de recesso escolar. A forma de aquisição dos materiais empregada pela Instituição é regulada pelo Decreto nº 10.024/19, que regulamenta a licitação, na modalidade Pregão, na forma eletrônica, para a aquisição de bens e a contratação de serviços comuns, incluídos os serviços comuns de engenharia, no âmbito da administração pública federal.

A política de gestão de estoques atualmente utilizada pelo órgão público consiste em atender à previsão de demanda esperada no hospital no semestre subsequente, levando em consideração o número de disciplinas ofertadas, no horizonte de tempo dos próximos 5 a 6 meses, e a quantidade de alunos matriculados. Mensalmente, o responsável pelo estoque informa ao setor de suprimentos a posição de estoque. Havendo necessidade de ressuprimento, solicita-se a entrega de um lote ao fornecedor registrado na Ata de Registro de Preços de tais materiais. De tal forma, percebe-se a inexistência de abordagem estruturada voltada à administração dos materiais estocados no almoxarifado, fazendo com que decisões sejam tomadas empiricamente. Tais decisões levam à ocorrência de estoques excessivos de alguns produtos e falta de espaço para armazenagem de outros, torna-se necessário, muitas vezes, estocar materiais em locais inapropriados, o que dificulta a mobilidade e a logística das rotinas do almoxarife da instituição. A gerência da Instituição considera que o nível de serviço adequado para a Instituição é no patamar de 99%, a fim de garantir a qualidade dos serviços de ensino, pesquisa e extensão.

A modelagem do presente estudo se baseia em apenas um item do estoque, selecionado com base na opinião de especialistas. O produto analisado foi a embalagem para esterilização, também conhecido como Papel Grau Cirúrgico, caracterizado por ser uma embalagem descartável e tubular, envolta de um filme transparente, que possui indicadores químicos para esterilização à vapor. O referido material permite a saída do ar e a entrada do vapor, auxiliando na esterilização de instrumentos, por meio de autoclave. A esterilização em ambiente hospitalar torna-se importante, pois visa destruir todas as formas de vida microbianas que possam contaminar materiais e objetos que entram em contato com pessoas, evitando a contaminação em procedimentos e a transmissão de doenças entre pacientes. Portanto, a escassez desse produto na organização impossibilita a esterilização dos materiais, o que tornaria inviável as atividades de ensino da IES.

A Faculdade de Odontologia da UFRGS dispõe de quatro modelos de papel cirúrgico usados para a esterilização de instrumentos. Cada unidade deste material consiste em um rolo de 100 metros de comprimento, diferindo um modelo do outro em termos da largura do papel envolto neste rolo. Sendo assim, para a definição daquele que terá seu estoque gerenciado, inicialmente levantaram-se os dados históricos de demanda dos quatro tipos disponíveis.

Dentre os dados obtidos, foram selecionadas apenas as demandas a partir de dezembro de 2017. Essa decisão foi tomada devido ao início de operações no hospital de ensino, que aumentou significativamente o consumo de materiais odontológicos e, além disso, centralizou os serviços de esterilização de materiais na instituição na Central de Material e Esterilização. Os dados do período pandêmico não foram incluídos na análise, pois o objetivo da análise está em avaliar a demanda em condições normais de operação do hospital. Através do levantamento de dados realizado na instituição, conforme exposto na Tabela 15, o produto escolhido para compor o presente estudo foi o rolo de papel Grau Cirúrgico de maior comprimento (40 cm), haja vista possuir o maior consumo entre os materiais, bem como o maior volume requerido para sua armazenagem em virtude do tamanho expressivo do rolo. Tendo-se em vista que cada unidade consiste em um rolo de 100 metros de comprimento, 15,5 cm de diâmetro e 40 cm de largura, o volume considerado para uma unidade do material em estoque foi de 9.610 cm³.

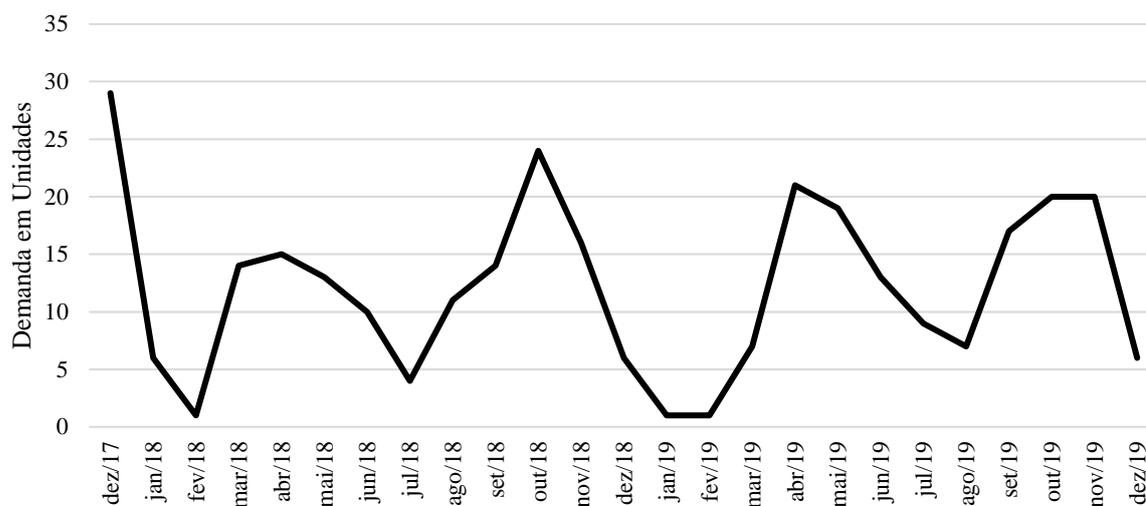
Tabela 15: Consumo histórico de grau cirúrgico

Período	Papel Grau Cirúrgico - 8cm	Papel Grau Cirúrgico - 15cm	Papel Grau Cirúrgico - 20cm	Papel Grau Cirúrgico - 40cm
2017 (Dez)	17	2	19	29
2018 (Jan- Dez)	68	8	118	133
2019 (Jan- Dez)	122	6	117	129
Total	207	16	254	291

Fonte: Elaborado pelo Autor

A análise da demanda histórica do “Papel Grau Cirúrgico 40cm” evidenciou a existência de um padrão sazonal (ver Figura 31), no qual percebem-se períodos de alta nos meses de março a maio e de setembro a novembro, seguidos de baixa demanda nos meses de junho a agosto e de dezembro a fevereiro. Sendo assim, e a fim de aumentar a acurácia do método proposto, optou-se por desenvolver duas modelagens distintas, segmentando os dois diferentes padrões de demanda: uma considerando os meses de alta demanda, denominada de “pico”, e a outra considerando meses com baixos níveis de demanda, denominada de “recesso”.

Figura 30: Gráfico perfil de demanda do Papel Grau Cirúrgico 40cm



Fonte: Elaborado pelo Autor

As modelagens possuem o intuito, primeiramente, de representar as variações das demandas para identificar corretamente as distribuições estatísticas que melhor descrevem esses dados. A fim de obter uma modelagem acurada, optou-se por utilizar 180 dias de consumo do material em cada sistema (pico e recesso), agrupando os dados em semanas. Portanto, foram utilizados os dados semanais de demanda dos meses de setembro a novembro de 2018 e de março a maio de 2019 para modelagem dos meses de pico; e para os meses de recesso, as demandas semanais de junho a agosto de 2018 e de junho a agosto de 2019 foram analisadas (tais períodos foram definidos através da análise do perfil na Figura 31). Resultados de uma análise descritiva dos dados históricos de demanda dos dois períodos analisados aparecem na Tabela 16.

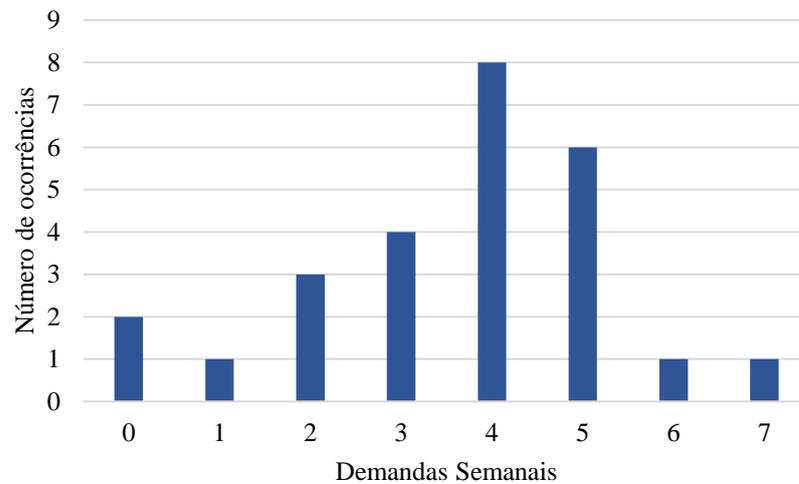
Tabela 16: Dados sobre as demandas históricas semanais a serem modeladas

Indicadores	Pico	Recesso
Média	3,76	2,19
Desvio Padrão	1,60	1,64
Máximo	7	5
Mínimo	0	0
Número de Observações	26	26

Fonte: Elaborado pelo Autor

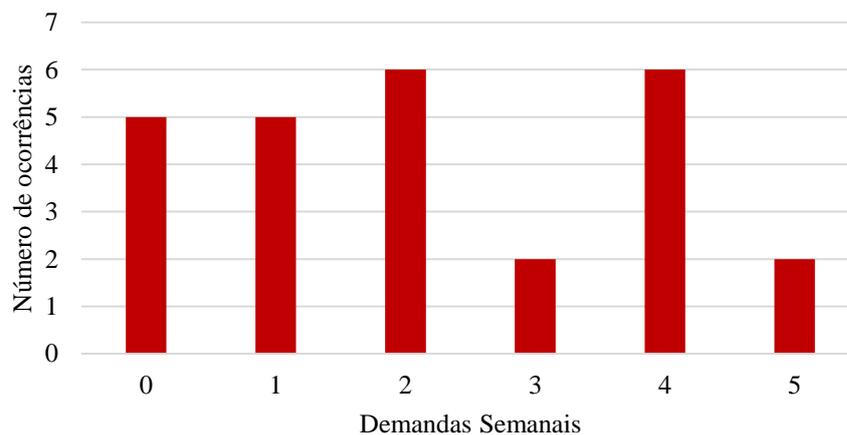
Baseando-se no consumo histórico semanal do material, foram elaboradas as distribuições de frequência dos dados. Com isso, as Figuras 32 e 33 representam as funções de densidade de probabilidade para as demandas dos dois períodos analisados: pico e recesso.

Figura 31: Histograma da demanda do período de pico



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 32: Histograma da demanda do período de recesso



Fonte: Elaborado pelo Autor

O *software @Risk* sugere a distribuição normal como adequada para caracterizar o histórico de demanda nos meses de pico. Com isso, a função Distribuição Normal do Excel foi utilizada para a obtenção das demandas aleatórias que representam o comportamento de consumo do material na simulação proposta para os períodos de pico. Os dados de média e desvio padrão da Tabela 16 foram utilizados para os parâmetros da sintaxe da função. Já para os meses de recesso, o *software* recomenda a distribuição uniforme como mais adequada para caracterização da demanda. Neste caso, foi utilizada a ferramenta de geração de números aleatórios da ferramenta de análise de dados do Excel para a geração das demandas para os períodos de recesso, levando em consideração a distribuição uniforme e os parâmetros de valores entre 0 e 5. A Tabela 17 resume os comandos utilizados para cada padrão de demanda.

Tabela 17: dados sobre as demandas históricas semanais a serem modeladas

Padrão de Demanda	Distribuição de Probabilidade	Comando utilizado para a geração de dados aleatórios de demanda
Pico	Distribuição Normal	=INV.NORM.N()
Recesso	Distribuição Uniforme	Geração de números aleatórios com distribuição uniforme

Fonte: Elaborado pelo Autor

Na sequência, uma única planilha eletrônica da simulação foi gerada para execução da modelagem dos dois padrões de demandas. A planilha fornece as demandas semanais aleatórias atreladas às distribuições de probabilidade, levando em consideração as semanas do ano que correspondem a períodos de pico e de recesso, através da utilização de função condicional do Excel. A distribuição de pico é acionada nas semanas do ano que se referem aos meses de março, abril, maio, setembro, outubro e novembro; enquanto que a distribuição de recesso é acionada nas semanas dos meses, janeiro, fevereiro, junho, julho, agosto e dezembro.

Para assegurar estabilidade dos resultados do sistema, foram realizadas 15000 iterações na simulação. O nível desejado de estoque (T) definido por especialistas foi de 33 unidades para o material em análise, por ser a quantidade máxima que o local de armazenagem destinado ao produto (prateleira) comporta. A quantidade mínima em cada reposição na simulação foi definida em 5 unidades, conforme descrito a Ata de Registro de Preços mais recente do material em questão. A Tabela 18 elucida os resultados da simulação de Monte Carlo.

Tabela 18: resultados da simulação de Monte Carlo

Parâmetros de Entrada			Resultados Obtidos na Simulação	
T = 33	R = 4	<i>Lead Time</i> = 3	VM = 216225 cm ³ (22 unidades)	NS = 99,95%
Semana	Nível de Estoque	Demanda	Escassez	Reposição
1	15	3	0	18
2	12	1	0	0
3	11	2	0	0
4	27	3	0	0
5	24	0	0	9
...
15000	25	2	0	0

Fonte: Elaborado pelo Autor

Considerando a frequência de reposição de 4 semanas e a quantidade máxima de estoque de 33 unidades, os níveis de estoque durante o período de pico chegaram a um máximo de 36 unidades do material e um mínimo de -1 (falta). O período de recesso, por sua vez, teve o maior nível de estoque de 35 unidades e a menor de 2. Através da simulação gerada, é possível estimar o volume médio em estoque do material para os parâmetros definidos. Ao final das

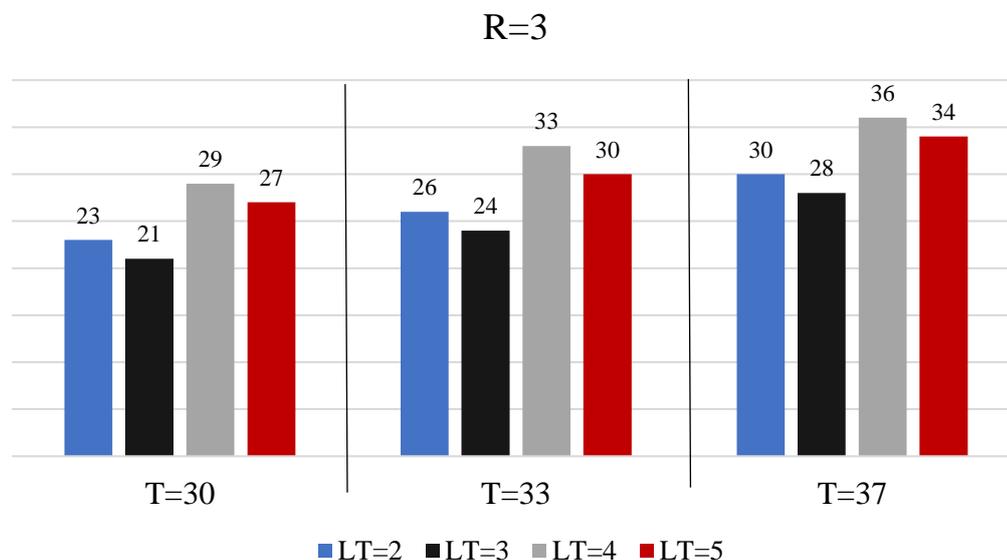
15000 iterações, o volume médio do produto em estoque foi de 216225 cm³, o que representa, em média, 22 unidades em estoque. O nível de serviço no sistema girou em torno de 99,95%.

Segundo avaliação dos especialistas do setor de almoxarifado da instituição, a simulação realizada conseguiu representar de forma fiel as variações do processo, tanto nos períodos de maiores demandas (pico) quanto nos menores níveis de demanda (recesso). As variáveis aleatórias mantiveram padrões aceitáveis, e a quantidade média de 22 unidades da mercadoria em estoque obtida na simulação é considerada viável para o armazenamento, considerando a limitação de espaço destinado ao produto na IES estudada. Além disso, o nível de serviço alcançado na simulação não chegou aos 100%, porém apresentou resultados que atendem plenamente às demandas do setor, segundo pareceres dos especialistas da instituição. Tais resultados validam a modelagem (etapa essa que assegura que o modelo representa adequadamente o sistema em seu estado atual de operação) e permitem o teste de cenários alternativos de funcionamento.

Na sequência, foram testadas variações dos parâmetros de entrada do estudo: *lead time*, frequência de reposição (R) e nível desejado de estoque (T), a partir da análise de cenários alternativos. Os cenários 1, 2 e 3 propõem a simulação com a frequência de reposição (R) fixada em 3, 4 e 5 semanas, respectivamente. Dentro de cada cenário, a simulação varia o nível desejado de estoque (T) nos patamares de 30, 33 e 37 unidades, e o *lead time* nos níveis de 2 a 5 semanas.

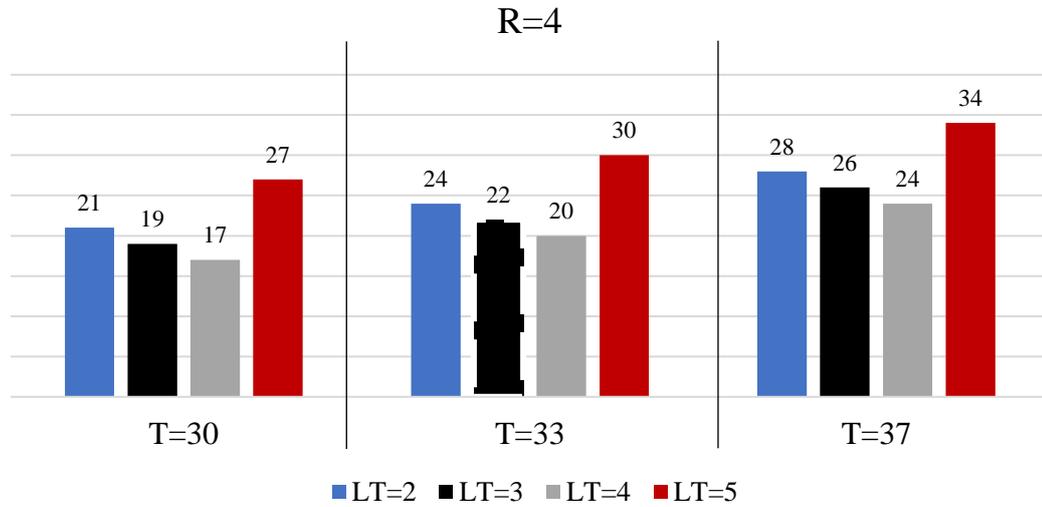
As Figuras 34, 35 e 36 apresentam os resultados obtidos de quantidade média de produtos estocados nos cenários alternativos da simulação.

Figura 33: Gráfico do Cenário 1



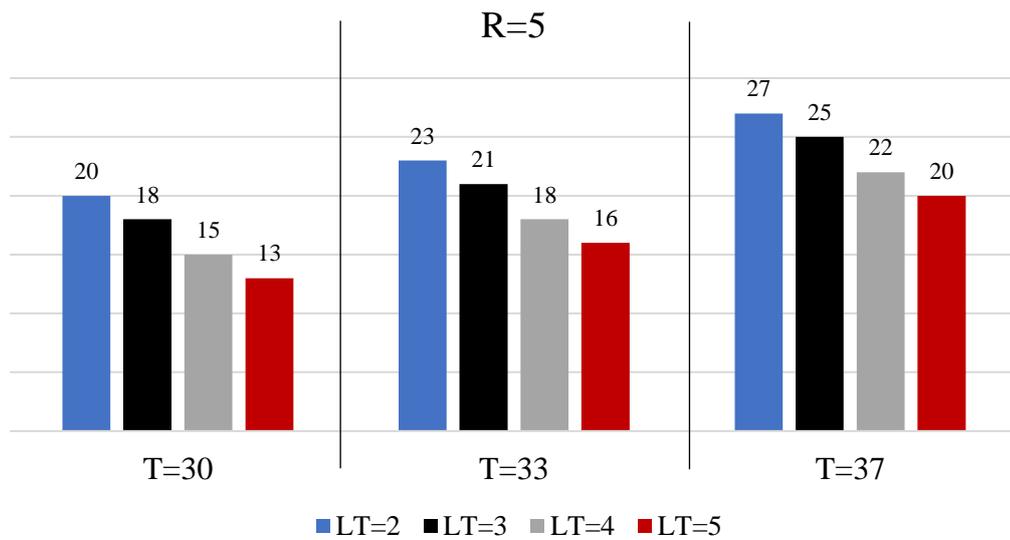
Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 34: Gráfico do Cenário 2



Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 35: Gráfico do Cenário 3



Fonte: Elaborado pelo Autor

A Tabela 19, por sua vez, incrementa a análise com os níveis de serviço obtidos nos cenários alternativos propostos.

Tabela 19: Resultados dos cenários alternativos para o estudo

Cenário		Lead Time	Frequência de Reposição (R)	Nível desejado em estoque (T)	Volume médio (VM) em cm ³ e número de unidades	Nível de Serviço (NS)
Cenário 1 (R = 3)	A	4	3	33	317619 (33 unidades)	100%
	B	3	3	33	235819 (24 unidades)	100%
	C	2	3	33	258820 (26 unidades)	100%
	D	5	3	33	293870 (30 unidades)	99,99%

	E	3	3	30	201810 (21 unidades)	99,60%
	F	5	3	37	326740 (34 unidades)	100%
	G	4	3	37	354760 (36 unidades)	100%
	H	3	3	37	275229 (28 unidades)	100%
	I	2	3	37	297649 (30 unidades)	100%
	J	4	3	30	288036 (29 unidades)	99,99%
	K	5	3	30	265696 (27 unidades)	99,92%
	L	2	3	30	230518 (23 unidades)	100%
Cenário 2 (R = 4)	A	5	4	33	288300 (30 unidades)	99,95%
	B	4	4	33	193606 (20 unidades)	99,73%
	C	4	4	30	164541 (17 unidades)	98,02%
	D	4	4	37	231681 (24 unidades)	99,97%
	E	2	4	37	277570 (28 unidades)	100%
	F	3	4	37	254007 (26 unidades)	100%
	G	2	4	33	239666 (24 unidades)	100%
	H	2	4	30	209740 (21 unidades)	99,98%
	I	5	4	37	326740 (34 unidades)	99,99%
	J	3	4	30	187168 (19 unidades)	99,63%
	K	5	4	30	259470 (27 unidades)	99,85%
Cenário 3 (R=5)	A	4	5	33	178897 (18 unidades)	97,65%
	B	3	5	33	202318 (21 unidades)	99,50%
	C	2	5	33	226247 (23 unidades)	99,98%
	D	5	5	33	157147 (16 unidades)	93,77%
	E	2	5	37	264513 (27 unidades)	100%
	F	4	5	37	211420 (22 unidades)	99,72%
	G	3	5	37	240250 (25 unidades)	99,98%
	H	5	5	37	192200 (20 unidades)	98,52%
	I	3	5	30	174320 (18 unidades)	98,35%
	J	2	5	30	192200 (20 unidades)	99,70%
	K	4	5	30	144.150 (15 unidades)	94,29%
	L	5	5	30	124930 (13 unidades)	84,24%

Fonte: Elaborado pelo Autor

A partir dos cenários alternativos, evidenciou-se que alterar a frequência de reposição (R) para 3 semanas, como exposto no cenário 1, pode refletir bons resultados quanto ao nível de serviço da instituição (100%), porém traz um aumento substancial no volume médio de estocagem.

A elevação do intervalo de reposição (R) e o *lead time*, ambos para 5 semanas, diminui consideravelmente o volume ocupado do material em estoque proposta pela opção D do cenário 3 (16 unidades em média). Contudo, o nível de serviço de 93% neste cenário é considerado um patamar não aceitável para a realização das atividades na IES, visto que expõe o sistema a uma probabilidade considerável de ocorrência de escassez (o que pode representar não realização de aulas por falta de material).

A simulação de diminuição do *lead time* para 2 semanas aponta resultados para elevados níveis de serviço e volume médio de estoque dentro de um patamar aceitável. Porém, segundo especialistas do setor, exigir a entrega do produto em 2 semanas acaba sendo inviável

para a instituição, haja vista que muitas empresas não conseguiriam cumprir prazos, o que poderia acarretar em atraso nas entregas e problemas de relacionamento com os fornecedores.

O cenário 2, por sua vez, traz melhores resultados mantendo a frequência de reposição (R) em 4 semanas. A opção C deste cenário traz a redução do nível máximo de estoque (T) do material para 30 unidades e a elevação do *lead time* para 4 semanas. Nestes ajustes, a simulação traz uma média de 17 produtos armazenados durante as interações e um nível de serviço de 98%. Porém, a alternativa mais viável no cenário 2 é manter o *lead time* em 3 semanas e a frequência de reposição em 4 semanas, e alterar somente o nível T para 30 unidades, conforme descrito na opção J. Conforme a simulação, diminuirá volume de mercadorias em estoque, mantendo um nível de serviço adequado (99,63%) para as atividades finalísticas da instituição.

3.5 Conclusões

O objetivo deste artigo foi realizar a modelagem de uma política de gerenciamento de estoque de embalagens para esterilização em uma instituição pública de ensino superior, através da Simulação de Monte Carlo. O desenvolvimento do estudo é justificado pela necessidade de se implementar procedimentos formais na gestão de estoques na administração pública. Uma estrutura formal de gestão de estoque pode auxiliar na política de administração de estoque no órgão público em questão, pois visa determinar, com maior precisão, a quantidade de materiais a serem solicitados aos fornecedores, bem como o momento correto para se efetuar os pedidos de compra (o que acaba impactando não só no nível de serviço, mas também no volume de estoque a ser mantido nos centros de armazenagem).

A modelagem proposta do estudo apoiou-se em três etapas. Primeiramente, os históricos de demanda dos rolos de papéis cirúrgicos da instituição foram analisados, a fim de se determinar a escolha do tipo de embalagens a ter seu estoque gerenciado. O rolo de Papel Grau Cirúrgico de maior comprimento (40 cm) foi o escolhido para prosseguir nas etapas da modelagem, em virtude da sua alta representatividade de consumo na instituição, bem como pelo volume considerável que o material ocupa na área de armazenagem.

Em seguida, foi possível verificar a ocorrência de um padrão sazonal no consumo histórico do material. Com isso, o estudo de gestão de estoques procurou realizar a divisão dos dois períodos bem definidos (de alto e baixo consumo), justificando o desenvolvimento de uma política de gestão personalizada para os diferentes meses do ano. Após, os tratamentos estatísticos foram realizados nos dados, que elucidaram que a distribuição normal de

probabilidade representa os dados dos padrões de demanda nos meses de alta (pico), e a distribuição uniforme retrata os dados dos padrões de demanda nos meses de baixa (recesso). Em seguida, foi definida a política de revisão de estoque, bem como calculadas suas variáveis. Posteriormente, foram feitas as simulações considerando os dois padrões de demanda definidas na primeira etapa. Tais simulações buscavam observar o nível de serviço e o volume total de material na política de estoque.

Os resultados permitem afirmar que a Simulação de Monte Carlo possibilitou simular cenários alternativos do sistema em questão, assim como avaliar a sensibilidade de parâmetros de entrada do estudo. Foi possível comprovar que a diminuição do intervalo de reposição gera padrões máximos de nível de serviço para o sistema; em contrapartida, percebe-se aumento do volume médio de itens em estoque. Com base nos resultados obtidos neste trabalho, concluiu-se que a simulação proposta, mesmo sem alterações substanciais nas rotinas da instituição, conduz a vantagens no que diz respeito à redução do espaço de armazenagem do produto analisado.

O modelo apresentou bons resultados no que se trata o volume médio de estoque, sem prejuízo nos níveis de serviço, através da redução do nível máximo de estoque. O estudo evidenciou, ainda, que é possível aumentar a eficiência do sistema diminuindo o intervalo de reposição de material no almoxarifado. Como proposta para estudos futuros, recomenda-se estender a presente simulação a outros tipos de produtos em estoque da IES, a fim de gerar uma análise completa, permitindo dimensionar com maior acurácia o tamanho do depósito necessário, bem como demais recursos de suporte. Além disso, o estudo de gestão de estoques também pode abordar o prazo de validade dos produtos na simulação proposta, e o *lead time* probabilístico pode ser considerado na simulação.

3.6 Referências

ALEMSAN, Najla. **Proposição de um método de análise do planejamento e controle de materiais de nutrição especial em um Hospital Público**. 2020. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2020.

ALVES, E. B.; LOPES, A. C. V.; BRUN, S. A.; NOHARA, J. J. The use of physical trading in the public sector: a case in the city hall of Rio Brilhante/MS. In: Proceedings of 23rd POMS ANNUAL CONFERENCE, 2012, Chicago, Illinois, U.S.A.

AMANIFARD, N.; RAHBAR, B.; HESAN, M. Numerical simulation of the mitral valve opening using smoothed particles hydrodynamics. Proceedings of the World Congress in Engineering. v. 3. July, 2011.

ANDRADE, E. L. **Introdução a pesquisa operacional: métodos e modelos para análise de decisão**. Rio de Janeiro: LTC, 1989.

ANDRADE, Cláudia Fernanda de. O Processo de Licitação de serviços e produtos de saúde: Estudo de Caso do Hospital Júlia Kubitschek da Fundação Hospitalar do Estado de Minas Gerais. 2018. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Administração Pública, Planejamento e Gestão Governamental. Fundação João Pinheiro, Belo Horizonte, 2018.

ANTÔNIO, L., JÚNIOR, N., ANZANELLO, M. J. (2016). **Revista Gestão Industrial**. Comparação de gestão de estoque via simulação de Monte Carlo, 2011, 181–197.

ARNOLD, J. R. T. **Administração de materiais**. 1. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2011.

BAKER, T.; JAYARAMAN, V.; ASHLEY, N. A data-driven inventory control policy for cash logistics operations: an exploratory case study application at a financial institution. Decision Sciences, v. 44, n. 1, p. 205-226, 2013.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento, Organização e Logística Empresarial**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

BALLOU, Ronald H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006. 616p., 28cm.

BECK, T.; ANZANELLO, M. J.; KAHMANN, A. Análise da gestão de estoques utilizando Simulação de Monte Carlo. Revista Gestão Industrial, v. 11, n. 4, p. 190-207, 2015.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. **Logística Empresarial**. 1. Ed. São Paulo: Atlas S.A., 2010.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 5 ago. 2021.

BRASIL. Decreto nº 10.024, de 20 de setembro de 2019. Regulamenta a licitação, na modalidade pregão, na forma eletrônica, para a aquisição de bens e a contratação de serviços comuns, incluídos os serviços comuns de engenharia, e dispõe sobre o uso da dispensa eletrônica, no âmbito da administração pública federal. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D10024.htm. Acesso em: 23 set. 2021.

BRASIL. Lei nº 7.892, de 23 de janeiro de 2013. Regulamenta o Sistema de Registro de Preços previsto no art. 15 da Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/decreto/d7892.htm. Acesso em: 5 ago. 2021.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/18666cons.htm. Acesso em: 5 ago. 2021.

BRASIL. Lei nº 10.520, de 17 de julho de 2002. Institui, no âmbito da União, Estados, Distrito Federal e Municípios, nos termos do art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, modalidade de licitação denominada pregão, para aquisição de bens e serviços comuns, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/110520.htm. Acesso em: 23 set. 2021.

BRITO, Rodrigo G. F. A, **Planejamento Programação e Controle da Produção**. 3ª. ed. São Paulo: IMAN, 2005.

CARDOSO, F. H. P. **Escolha sob incerteza, política e desenvolvimento**: uma análise da produtividade de trigo na região sul. Dissertação (Mestrado em Economia do Desenvolvimento) – Programa de Pós-graduação em Economia do Desenvolvimento. Porto Alegre - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2016.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2012.

DIAS, Marco Aurélio P.; **Administração de Materiais**. São Paulo: Atlas, 2008.

DONATELLI, G. D.; KONRATH, A. C. Simulação de Monte Carlo na avaliação de incertezas de medição. Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

FARIA, A. C; COSTA, M. F. G. **Gestão de Custos Logísticos**. São Paulo: Atlas, 2010.

FENILI, R. R. **Gestão de Materiais**. 2. ed. Brasília: Enap, 2016.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8. Ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

GARCIA, E. S.; DOS REIS, L. M. T. V.; MACHADO, L. R.; FERREIRA FILHO, V. J. M. **Gestão de estoques**: otimizando a logística e a cadeia de suprimentos. Rio de Janeiro: E-Papers Serviços Editoriais, 2006.

GASNIER, Daniel Georges. **Dinâmica dos Estoques**. São Paulo: IMAN, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GONÇALVES, Paulo Sergio. **Administração de Materiais**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010

GUI-SHENG, C. On the supply chain management of public hospital materials. In: Proceedings of INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-PRODUCT, E-SERVICE, AND E-ENTERTAINMENT, ICEEE'10, 2010, Henan, China.

HOMEM-DE-MELLO, Tito; BAYRAKSAN, Güzin. Monte Carlo sampling-based methods for stochastic optimization. *Surveys in Operations Research and Management Science*, Volume 19, Issue 1. 2014.

KOVACIC, A.; PECEK, B. Use of simulation in a public administration process. *Simulation*, v. 83, n. 12, p. 851-861, 2007.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. **Administração de Produção e Operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. **Administração de produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos metodologia científica**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

LAU, H. S. Toward a Stock Control System under Non-Normal Demand and Lead-Time Uncertainty. *Journal of Business Logistics*, v. 10, n. 1, 1989.

LIMA, M. S.; CARRIERI, A. P.; OIMENTEL, T. D. Resistência à mudança gerada pela implementação de sistemas de gestão integrada (ERP): Um Estudo de Caso. In: *Revista Gestão e Planejamento*, v. 8, n.º.1. p. 89-105. Salvador, 2007.

LUSTOSA, P. R. B.; PONTE, V. M. R.; DOMINAS, W. R. **Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração**. São Paulo: Atlas, 2004.

MALETTA, B. V., Modelos Baseados em Simulação de Monte Carlo: soluções para o cálculo de value-at-risk. Dissertação de M.Sc, COPPEAD/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2005.

MARTINS, Petrônio Garcia et al. **Logística e operações globais**. São Paulo: Saraiva, 2009.

MELO, A. B. et al. A gestão de materiais médico-hospitalar em hospital público. **Revista Eletrônica Gestão & Saúde**, v. 7, n. 1, p. 369-387, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rgs/article/view/3433>. Acesso em: 10 nov. 2021.

MENDES, A. C. A.; RODRIGUES, A. A.; SILVEIRA, T. S.; ZUCCOLOTTO, R.; DA COSTA, T. M. T. Orçamento e Simulação de Monte Carlo como ferramenta de planejamento na silvicultura. In: XVII Congresso Brasileiro de Custos, 2010, Belo Horizonte. XVII Congresso Brasileiro de Custos, 2010.

METROPOLIS, N.; ULAM, S. The Monte Carlo Method. *Journal of the American Statistical Association*, v. 44, n. 247, 1949.

MOORE, J. H.; WEATHERFORD, L. R. **Tomada de decisão em administração com planilhas eletrônicas**. 6 ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operação**. São Paulo: Pioneira, 2001.

MOREIRA, Daniel Augusto. **Administração da produção e operações**. 2. Ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

NONENMACHER JUNIOR, LUIS; ANZANELLO, MICHEL J.; Comparação de políticas de gestão de Estoque via simulação de Monte Carlo. **Revista Gestão Industrial**, v. 12, p. 181-197, 2016.

NOVAES, A. G. N.; ALVARENGA, A. C. **Logística aplicada: suprimento e distribuição física**. 3. Ed. São Paulo: Blucher, 2000.

ORTIZ, J. O.; FELGUEIRAS, C. A.; DRUCK, S.; MONTEIRO, A. M. V. Modelagem de fertilidade do solo por simulação estocástica com tratamento de incertezas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira - PAB*. Brasília, v. 39. n. 4, 2004.

PAIVA, Ana Teresa Cavalcante A aquisição de bens e/ou serviços por meio de licitação na modalidade pregão presencial no Centro de Atividades João Rique Ferreira - SESI/PB. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Graduação em Administração. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2007.

PANITZ, Carlos E. (Org.). *Dicionário de logística e operações*. Porto Alegre: Núcleo de Logística do Rio Grande do Sul, 2006. Disponível em: <http://www.nucleodelogistica.com.br/download/dicionario_logistica_v1.3c.pdf>. Acesso em: 23 ago. 2021

PEDGEN, C. D.; SHANON, R. E.; SADOWSKI, R. P. *Introduction to simulation using SIMAN*. 2. ed. New York: Mc Graw-Hill, 1995.

PESENTI, Rafael Bortolo. **Modelo de dimensionamento de estoques no setor público aplicado a uma instituição federal de ensino superior**. 2019. Dissertação (Mestrado) - Programa de Mestrado Profissional em Administração Pública em Rede Nacional. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

PITA, Fernández S, PÉRTEGAS, Díaz S. Investigación cuantitativa y cualitativa. *Cad Aten Primaria*, 2002, vol. 9, p. 76-8. Disponível em: http://fisterra.com/mbe/investiga/cuanti_cuali/cuanti_cuali2.pdf

PLIZZARI, R. **Modelo pra avaliação da vida útil econômica de máquinas e equipamentos utilizando a programação dinâmica e o método de Monte Carlo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2017.

RAYCHAUDHURI, S. Introduction to Monte Carlo Simulation. In: *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference*, 2008, Broomfield, U.S.A.

ROGERS, P.; REBEIRO, K. C. S.; ROGERS, D. Avaliando o risco na gestão financeira de estoques. In: Simpósio de administração da produção, logística e operações internacionais. 2004.

ROSÁRIO, K. P.; AZEVEDO, R. L.; SILVA, B. G. T.; MARCELINO, D. F.; OLIVEIRA, D. P. Aplicação da teoria das filas e simulação de Monte Carlo em uma rede de farmácias localizada no município de Castanhal, Pará. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 35., Fortaleza, 2015. Anais. Fortaleza: ENEGEP, 2015.

SANCHES, A. L.; MARINS, F. A. S.; MONTEVECHI, J. A. B.; RIBEIRO, D. A. Dimensionamento de Kanban Estatístico por Simulação de Monte Carlo Utilizando o Software Crystal Ball. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2007, Resende-RJ, 2007.

SANTOS, J. C.; CAMPOS, R. T. Metodologia para análise de rentabilidade e riscos de sistemas florestais. (Embrapa Acre. Documentos, 47) - Rio Branco: Embrapa Acre, 2000.

SARAIVA, A. F.; TABOSA, C. M.; COSTA, R. P. Simulação de Monte Carlo aplicada à análise econômica de pedido. *Produção*, v. 21, n. 1, 2011.

SARTORI, M. A.; PEREZ, R.; JÚNIOR, A. G. S.; MARTINS, D. D. S. M. Utilização da simulação de Monte Carlo em estudo de implantação de unidade agroindustrial de produção de banana chips. In: XIII SIMPEP. 2006.

SCHEIDEGGER, A. P. G. Sistematização do processo de reposição de estoques no setor público: pesquisa-ação no almoxarifado da Universidade Federal de Itajubá. Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2014.

SETYANINGSIH, S.; BASRI, M. H. Comparison Continuous and Periodic Review Policy Inventory Management System Formula and Enteral Food Supply in Public Hospital Bandung. *International Journal of Innovation, Management and Technology*. v. 4, n. 2, p. 253-258, 2013.

SEVERINO A. J. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23. ed. São Paulo: Editora Cortez, 2007.

SHAMBLIN, J. E.; STEVENS, G. T. **Operations Research: a fundamental approach**. New York: McGraw-Hill, 1974.

SILVER, E. A.; PETERSON, R.; PYKE, D. F. *Inventory management and production planning and scheduling*. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.

SLACK, Nigel et al. **Administração da Produção**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOARES, J. A. R. **A análise de risco, segundo o método de Monte Carlo, aplicada à modelagem financeira das empresas**. Dissertação (Mestrado Profissional em Economia) - Programa de Pós-graduação em Economia. Porto Alegre - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.

SOUZA, Marco Antônio de; DIEHL, Carlos Alberto. **Gestão de Custos: uma abordagem integrada entre contabilidade, engenharia e administração**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WANKE, Peter. **Gestão de estoques na cadeia de suprimento**. São Paulo: Atlas, 2013.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Método**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as dificuldades encontradas pelas organizações empresariais em gerir seus recursos, os gestores precisam buscar aprimoramento constante. No âmbito dos Órgãos Públicos não é diferente, pois diversos fatores afetam a gestão pública, como excesso de regras nas legislações, falta de pessoal devido ao corte de gastos por parte dos Governos, e os altos custos de manutenção dos bens. Sabendo-se da importância do adequado gerenciamento dos recursos e insumos em ambientes públicos, esta dissertação propôs abordagens apoiadas em conceitos conhecidos tradicionais no contexto de programação e controle de materiais: previsão de demanda e gestão de estoques.

A efetiva gestão de recursos atrelada à adequada previsão de demanda influencia diretamente no processo de administração de materiais de uma instituição. Por tal motivo, no primeiro artigo da dissertação foi apresentada uma abordagem quantitativa de previsão de demanda para os principais materiais de consumos utilizados em um Hospital de Ensino Público. Como o almoxarifado da instituição administra 526 itens distintos, a primeira etapa da pesquisa se concentrou na realização da classificação desses materiais, através da utilização da Curva ABC com o incremento de uma dimensão de criticidade no índice de classificação, a fim de selecionar os principais produtos em estoque.

Na segunda etapa do estudo foi realizada a previsão de demanda dos três principais itens encontrados na etapa anterior. Para isso, a modelagem de previsão proposta possuiu três passos: (i) modelagem em base mensal; (ii) modelagem em base bimestral; e (iii) geração das previsões de demandas futuras. A coleta de dados históricos de demanda dos materiais foi realizada nos registros da instituição, e os diferentes modelos quantitativos de previsão foram modelados através do software NCSS.

Os resultados sugeriram maior acurácia preditiva quando dados na base mensal (original) são utilizados nos modelos preditivos, ou seja, a alternativa de realizar a agregação dos dados em bimestres não obteve sucesso no presente estudo, gerando MAPEs mais elevados. O método de suavização exponencial ARIMA apresentou melhor capacidade preditiva, apontando menor MAPE para os três produtos analisados. Por fim, foi possível realizar a

previsão de demanda dos três materiais para os 12 meses seguintes; tais previsões foram consideradas coerentes e compatíveis com o estudo proposto, pois trouxeram dados próximos à realidade de acordo com a percepção de especialistas de processo.

O segundo artigo, por sua vez, propôs o gerenciamento de embalagens para esterilização, apoiada na Simulação de Monte Carlo e levando em consideração o cenário em que aquisições de materiais são regidas por licitações públicas. Inicialmente, realizou-se um levantamento da demanda histórica de todos os tipos de embalagens para esterilização disponíveis no almoxarifado da instituição. A partir disso, foi escolhido o modelo mais adequado de embalagem para servir como parâmetro da pesquisa, com o auxílio de especialistas. O estudo foi realizado em três etapas. Na primeira etapa foi realizada a análise dos dados históricos de consumo do material estudado e, ainda, levantados parâmetros relativos à gestão de estoques, incluindo o *lead time* dos pedidos de compra realizados do material, os dados de pedido mínimo e as dimensões do produto de interesse.

Através da análise da série histórica, ficou evidenciado um comportamento sazonal na demanda do material, sendo possível segmentar a modelagem em dois padrões distintos de demanda: alta e baixa, denominados de intervalos de pico e recesso, respectivamente. Em seguida, foram efetuados os tratamentos estatísticos das amostras, analisada a distribuição de probabilidade das amostras com o auxílio do software *@Risk* e definida a política de revisão de estoque para a realização da simulação do estudo. Na etapa seguinte, foi gerada a simulação para os dois padrões de demandas em uma única planilha *Excel*, e também foram testados cenários alternativos com alterações de lead time de entrega de pedidos, nível desejado de estoque e ponto de reposição.

O estudo do segundo artigo trouxe importantes resultados no que diz respeito ao volume (espaço) de materiais estocados na política de estoque escolhida na simulação. A simulação de cenários alternativos do sistema mostrou que, mesmo sem alterações substanciais nas rotinas da instituição, pode-se reduzir o espaço de armazenagem do produto analisado. Percebeu-se que a instituição pode desenvolver suas atividades de ensino reduzindo os níveis de estoque sem comprometer os níveis de serviço almejados, através da redução do nível máximo de estoque. O estudo evidenciou, ainda, que é possível aumentar a eficiência do sistema diminuindo o intervalo de reposição de material no almoxarifado.

De tal forma, conclui-se que o objetivo proposto nesta dissertação foi atingido com êxito, e a sistemática realizada evidencia oportunidades de melhorias para a organização. Sendo

assim, os modelos gerados em ambos os artigos podem ser desdobrados em projetos pilotos na gestão do Órgão, com o intuito de aprimorar os processos gerenciais da administração.

A fim de dar continuidade ao desenvolvimento desta dissertação, torna-se possível aprofundar o estudo em outras linhas de pesquisa. A aplicação da sistemática de previsão de demanda e de gestão de estoque pode ser estendida para os demais materiais da organização, englobando todo o almoxarifado da Unidade estudada. Além disso, com vistas a gerar testes preditivos mais acurados de previsões, pode-se alternar agregações em diferentes meses de observações de demanda dos materiais. O modelo da sistemática de gestão de estoque proposto nesta dissertação foi baseado no método de revisão periódica. Sendo assim, torna-se possível desenvolver novas metodologias de pesquisas baseadas no método de revisão contínua e compará-la com o presente estudo. Há a possibilidade de ser aprofundado, ainda, um método que abranja uma gama maior de materiais, como materiais de limpeza e laboratoriais, entre outros.