

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

Vagner Teodoro Nunes

**APLICAÇÃO DE TÉCNICAS DE PREVISÃO DE
DEMANDA E GESTÃO DE ESTOQUES EM UMA
EMPRESA MISTURADORA DE
FERTILIZANTES**

Porto Alegre

2019

Vagner Teodoro Nunes

Aplicação de técnicas de previsão de demanda e gestão de estoques em uma empresa misturadora de fertilizantes

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: Michel José Anzanello, *Ph D.*

Porto Alegre

2019

Vagner Teodoro Nunes

**Aplicação de técnicas de previsão de demanda e gestão de estoques em uma empresa
misturadora de fertilizantes**

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.^a Christine Tessele Nodari, Dr.^a

Coordenadora PMPEP/UFRGS

Banca Examinadora:

Professor Alessandro Kahmann (IMEF/FURG)

Professor Ricardo Augusto Cassel (PMPEP/UFRGS)

Professor Guilherme Luz Tortorella (PPGEPS/UFSC)

NUNES, Vagner Teodoro. **Aplicação de técnicas de previsão de demanda e gestão de estoques em uma empresa misturadora de fertilizantes**, 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.

RESUMO

A implementação de técnicas estruturadas de gestão é vital para empresas que buscam o aprimoramento constante dos processos de gerenciamento como um todo. O direcionamento estratégico e a tomada de decisão gerencial dependem da identificação e da previsão correta das mudanças emergentes no ambiente dos negócios. Em termos de gestão de produção, previsões de demanda acuradas permitem, dentre outros, a manutenção de níveis adequados de estoque, capazes de atender à carteira de clientes e conferir uma gestão financeira eficiente. A presente dissertação oferece abordagens com vistas ao aprimoramento da previsão de demanda e gestão de estoques em um processo que gerencia embalagens em uma empresa misturadora de fertilizantes no estado do Mato Grosso. No artigo 1, propõe-se um método de previsão de demanda integrando modelos quantitativos e qualitativos, o qual se apoia nas seguintes etapas: (i) coleta e tratamento dos dados históricos de demanda, seleção dos especialistas e definição dos itens analisados; (ii) modelagem quantitativa de dados históricos de demanda; (iii) levantamento de fatores contextuais que afetam a demanda; (iv) ajuste subjetivo da demanda quantitativa; e (v) validação do método. A aplicação do método mostra que a previsão combinada apresentou os menores erros dentre as previsões analisadas. Na sequência, o artigo 2 propõe uma sistemática para gerenciamento de estoque de embalagens 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 e análise dos resultados obtidos. A simulação proposta conferiu resultados robustos em termos de custo total da política de estoque, mantendo os níveis de serviços atualmente praticados pela empresa analisada.

Palavras-chave: Previsão de Demanda, Integração de Métodos, Simulação de Monte Carlo, Gestão de Estoques.

NUNES, Vagner Teodoro. *Application of forecasting techniques and inventory management in a fertilizer mixing company*, 2019. Dissertation (Master in Industrial Engineering) – Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil.

ABSTRACT

The structured management techniques implementation is vital to companies seeking the constant improvement of its administration processes. The strategic guiding and managerial decision making relies on the identification and accurate prediction of raising changes within business environment. In terms of production management, accurate demand forecasting allows the maintenance of proper stock levels, capable of answering costumers needs and offering an efficient financial management. This master thesis offers some methods to improve demand forecasting and stock inventory control within the packing management process of a fertilizer mixing company from Mato Grosso. The first article proposes a demand forecasting method which integrates quantitative and qualitative models. It is based on the following steps: (i) gathering and treatment of historical data from packing demand, assortment of specialists and definition of the analyzed items; (ii) quantitative modeling of the historical data from packing demand; (iii) identification of contextual aspects which affects demand; (iv) subjective adjustment of quantitative demand; and (v) method validation. This method implementation showed that combined forecasting strategies presented less errors than the previous forecasting methods. The second article proposes a stock inventory control methodology based on Monte Carlo simulation. Its operational steps are: (i) gathering and analysis of data; (ii) modeling development; (iii) alternative scenarios simulation and data analysis. The proposed simulation offered consistent results concerning to total costs of stock politics maintaining service levels currently offered by the investigated company.

Keywords: *Demand Forecasting, Integration of Methods, Monte Carlo Simulation, Inventory Management.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ajuste Subjetivo.....	25
Figura 2:Gráfico da demanda histórica do item selecionado	32
Figura 3: Gráfico da demanda histórica e previsão quantitativa.	33
Figura 4: Arranjo da planilha de simulação.....	54
Figura 5: Gráfico da demanda histórica do item selecionado	56
Figura 6: Frequência Simples da safra	59
Figura 7: Frequência Simples da safrinha	59
Figura 8: Comparação entre níveis de estoque real e níveis de estoque obtidos através da modelagem	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Demanda histórica do item selecionado (em unidades).	32
Tabela 2: Desempenho dos modelos de previsão de demanda na porção teste.....	33
Tabela 3: Média entre palpites dos especialistas (otimista e pessimista) e somatório dos resultados (F).	35
Tabela 4: Obtenção dos valores L e a porcentagem de erros E.	36
Tabela 5: Obtenção do índice θ através da multiplicação do coeficiente F pelo peso W.	36
Tabela 6: Comparação entre previsões puramente quantitativas e método proposto.....	37
Tabela 7: Comparativo entre previsão pelo método proposto, o HWM, o modelo aplicado pela empresa e demanda real obtida.....	37
Tabela 8: Comparativo entre MAPE do método proposto, HWM e modelo aplicado.....	37
Tabela 9: Demanda anual histórica de embalagens (em unidades)	56
Tabela 10: Dados sobre as demandas históricas diárias a serem modeladas.....	58
Tabela 11: Teste de aderência para demandas de safra	59
Tabela 12: Teste de aderência para demandas de safrinha	60
Tabela 13: Exemplo da simulação do período de safra (maio-outubro).....	61
Tabela 14: Exemplo da simulação do período de safrinha (novembro-abril)	62
Tabela 15: Cenários com variações de parâmetros de entrada - Safra	63
Tabela 16: Cenários com variações de parâmetros de entrada - Safrinha.....	63

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	9
1.1.	Considerações Iniciais	9
1.2.	Tema e Objetivos	10
1.3.	Justificativa do Tema e dos Objetivos	10
1.4.	Procedimentos Metodológicos.....	12
1.5.	Estrutura da Dissertação	12
1.6.	Delimitações do Estudo	13
1.7.	Referências.....	13
2.	PRIMEIRO ARTIGO: PREVISÃO DE DEMANDA DE EMBALAGENS DE FERTILIZANTE ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DE MÉTODOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS.....	16
2.1.	Introdução	16
2.2.	Referencial Teórico.....	18
2.3.	Procedimentos Metodológicos.....	27
2.4.	Estudo de Caso.....	30
2.5.	Conclusões	38
2.6.	Referências.....	38
3.	SEGUNDO ARTIGO: GESTÃO DE ESTOQUE DE EMBALAGENS DE FERTILIZANTE VIA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO	43
3.1.	Introdução	43
3.2.	Referencial Teórico.....	45
3.3.	Procedimentos Metodológicos.....	51
3.4.	Estudo de Caso.....	54
3.5.	Conclusões	65
3.6.	Referencial bibliográfico	67
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

De acordo com Ehrbas (2004) e Catelli (2010), empresas são organizações ou sistemas econômicos que visam a atender as necessidades de terceiros, sendo remuneradas por isto e obtendo assim uma parcela de ganho na forma de lucro que possibilita a continuidade da mesma. Segundo Correa (2000), a dinâmica do mercado onde as empresas atuam foi modificada nas últimas décadas pela evolução dos sistemas logísticos, introduzindo uma nova cultura de gestão. Desta forma, nota-se a necessidade de administrar adequadamente a gestão de insumos, confrontando os prazos de entrega de produto, recebimento de material, processos de manufatura e valores monetários (BRITTO, 2005).

A engenharia de produção há tempos devota esforços que buscam auxiliar as organizações a serem mais eficientes, sejam elas, empresariais ou governamentais. Para manter a competitividade, as empresas estão se adequando ao processo de globalização através da implantação de modernas tecnologias e de novos processos organizacionais. Neste sentido, buscam integrar técnicas consolidadas e inovadoras com vistas ao gerenciamento das atividades de programação e controle da produção, garantindo níveis de qualidade demandados e assegurando saúde financeira às corporações (MARTELLI; DANDARO, 2015). Neste contexto, merecem destaque técnicas voltadas à previsão de demanda de produtos/insumos e sistemáticas de gestão de estoques.

Sem o prognóstico preciso da demanda do mercado consumidor, a grande maioria das empresas enfrenta dificuldades nos processos de encomenda de matérias-primas, suprimentos, negociações de compra, definição de número de colaboradores e capacidade fabril. Portanto, a previsão de demanda desempenha um papel fundamental na gestão das organizações. A área financeira planeja a necessidade de recursos analisando previsões de demanda de longo prazo. As mesmas previsões servem às áreas de recursos humanos e marketing, no planejamento de modificações no nível da força de trabalho e no agendamento de promoções de vendas (KRAJEWSKI & RITZMAN, 1999). As previsões auxiliam ainda na projeção de novos investimentos, elevando os níveis de serviços e satisfação dos clientes (KOTLER, 1991).

De maneira complementar, a gestão ou gerenciamento de estoque é uma das atividades que mais tem contribuído para o avanço dos processos de gestão empresarial. Compreende controlar a quantidade de produto armazenado, decidir quando fazer uma nova compra, organizar e distribuir por lotes ou datas, dentre outros (BALLOU, 2006). Para Wanke (2003), a gestão de estoques é considerada elemento fundamental para redução e controle dos custos

totais e melhoria do nível de serviço prestado pelas empresas. De acordo com Dias (2010), a gestão de estoques visa a elevar o controle de custos e melhorar a qualidade dos produtos guardados na empresa. As teorias sobre o tema normalmente ressaltam a seguinte premissa: é possível definir uma quantidade ótima de estoque de cada componente e dos produtos da empresa, entretanto, só é possível defini-la a partir da previsão de demanda de consumo do produto.

Assim como em diversos setores produtivos, a implantação de técnicas e ferramentas de gestão são fundamentais para a eficiente gestão de sistemas agrícolas. Ao se tratar de fertilizante, um indispensável insumo para produção vegetal, torna-se imprescindível que as indústrias misturadoras consigam atender com pontualidade e rentabilidade de acordo com as necessidades do agronegócio. Portanto, neste contexto, técnicas voltadas à previsão de demanda e sistemáticas de gestão de estoques são de grande relevância para o setor, visto que auxiliam no cumprimento de prazos e demandas de forma eficiente.

1.2. Tema e Objetivos

Essa dissertação aborda dois temas consagrados em termos de programação e controle de produção: previsão de demanda e gestão de estoques.

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver abordagens com vistas ao aprimoramento da previsão de demanda e gestão de estoques. Os objetivos específicos são: (i) estruturar um método de previsão de demanda que combine previsões quantitativas e qualitativas; (ii) aplicar uma sistemática de gestão de estoques apoiada em simulação de Monte Carlo; (iii) avaliar o impacto de parâmetros de entrada inerentes à gestão de estoques (como duração de *lead time* e ponto de pedido) sobre nível de serviço e custo de operacionalização do sistema de gestão; e (iv) aplicar as abordagens desenvolvidas para previsão de demanda e gestão de estoques em um processo que gerencia embalagens de fertilizantes.

1.3. Justificativa do Tema e dos Objetivos

De acordo com Simchi-Levi *et al.* (2000), a cadeia de suprimentos é uma rede complexa de instalações e organizações com objetivos diversos e, por vezes, antagônicos. Assim, encontrar a estratégia que melhor se adeque a uma empresa em particular pode apresentar desafios substanciais. Para tal, técnicas de previsão de demanda e gestão de estoques são fundamentais na busca de aumento de eficiência dos processos produtivos. Embora entenda-se

que ambas as técnicas apresentem vasta discussão prática e teórica, ainda há espaço para o desenvolvimento de novas abordagens, especialmente em contextos customizados.

É fundamental para uma empresa saber quanto se planeja vender de seus produtos ou serviços no futuro; por mais imperfeita que possa ser a previsão, essa expectativa é o ponto de partida que baliza grande gama de decisões (MANCUZO, 2003). Por outro lado, erros de previsões podem ocasionar baixos níveis de serviço ou elevados níveis de estoques. De acordo com Sanders e Graman (2009), previsões mal estruturadas podem aumentar os custos de 10% a 30%, dependendo das características da empresa. De acordo com Lemos (2006), há diversas pesquisas que sugerem melhorias na acurácia utilizando modelos de previsões combinadas. Tais sistemáticas permitem que sejam incorporados nas predições quantitativas fatores não recorrentes na demanda histórica. Contudo, Trapero *et al.* (2013) afirmam que, apesar da importância da opinião de especialistas para o processo de previsão, estudos neste tema ainda são necessários.

Segundo Goodwin (2002), mesmo previsões oriundas de sofisticados métodos estatísticos estão sujeitas a erros, pois dependem do julgamento humano para ajustes no método ou no conjunto das variáveis. Para Veiga (2009), é difícil mensurar os custos gerados pelos erros de previsão, porém, custos desnecessários oriundos de previsões imprecisas podem ser evitados com a utilização de ferramentas adequadas. Em termos de justificativas práticas para a área em questão, percebe-se que a ausência de sistemáticas estruturadas voltadas à previsão de demanda conduz as empresas a prejuízos financeiros. Se a previsão for subestimada, vendas podem ser perdidas pela falta de material em estoque ou por falta de capacidade produtiva, clientes fidelizados podem ser perdidos para concorrência e a lucratividade pode diminuir consideravelmente. Se a demanda for superestimada, pode haver sobra de recursos produtivos através da subutilização de equipamentos e força de trabalho e sobra de produto em estoque ocasionando elevado custo de guarda. Todas essas afirmações aplicam-se tanto para matérias-primas e produtos acabados como para outros suprimentos como as embalagens.

No que se refere à gestão de estoques, é possível afirmar que a administração adequada dos estoques é condição essencial para qualificar a administração empresarial em praticamente todos os setores de atividade econômica. Para Kawase e De Paula (2012), gerenciar corretamente os estoques pode gerar vantagem competitiva e consequente crescimento num mercado competitivo como o atual. Segundo Reichenback e Karpinski (2010), um bom controle de estoque e um monitoramento da sua movimentação são atividades indispensáveis para a lucratividade e para competitividade da empresa. Sob perspectiva prática, a ineficiente gestão de estoques e recursos produtivos podem gerar duas situações: o excesso ou falta de estoques.

Nestas circunstâncias, além de acarretar perdas financeiras significativas, pode macular a imagem de uma empresa frente aos seus clientes. A ruptura de estoque pode significar o impedimento ou atraso no fornecimento do bem ou serviço, custos por não cumprimento de prazos contratuais e custos com substituição de materiais de terceiros. Já o excesso pode ocasionar perdas em decorrência dos custos de guarda, entre os quais se destacam o custo de oportunidade, custo de estocagem e manuseio e custos com impostos, seguros, obsolescência e deterioração.

De tal forma, percebe-se que a integração de métodos de previsão de demanda e gestão de estoque encontram justificativa tanto em aspectos práticos como teóricos. É possível afirmar que a aplicação de tais técnicas é importante e se faz necessária também em itens de menor relevância em termos de custos proporcionais como por exemplo embalagens. Pois, há também nelas, oportunidades de redução de custos e até mesmo incremento de níveis de serviços.

1.4. Procedimentos Metodológicos

Conforme a natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos, o presente trabalho é classificado, respectivamente, como uma pesquisa aplicada, quantitativa, exploratória e como uma pesquisa do tipo estudo de caso, segundo Gil (1996).

Esta pesquisa é considerada aplicada pois é direcionada para uma aplicação prática que busca solucionar um problema específico. Apresenta abordagem quantitativa, pois apoia-se na aplicação de análises numéricas de históricos de demanda, envolvendo uso de técnicas estatísticas. A pesquisa é exploratória pelo seu caráter investigativo. O trabalho enquadra-se no tipo estudo de caso por envolver o estudo de previsão de demanda e gestão de estoques em uma empresa específica, aprofundando os métodos abordados com os dados coletados (SILVA; MENEZES, 2005).

1.5. Estrutura da Dissertação

Esta dissertação está organizada em quatro capítulos. O primeiro capítulo introduz o trabalho abordando as considerações iniciais, apresentando o tema, objetivos, justificativas e procedimentos metodológicos adotados. Também é apresentada a estrutura em que se pretende organizar a dissertação e o capítulo é encerrado com as delimitações do estudo.

O segundo capítulo traz o primeiro artigo. Neste, é apresentada inicialmente uma revisão de literatura acerca de técnicas quantitativas e qualitativas de previsão de demanda e sobre integração de métodos de previsão em trabalhos de relevância para o tema em estudo. Em

seguida, é proposto um método integrado de previsão de demanda de embalagens de fertilizante ajustando os valores de previsão obtidos por métodos quantitativos através da opinião de especialistas. Ao final, as previsões oriundas do método proposto são comparadas às demandas reais dos períodos previstos e às previsões feitas pela empresa nos moldes atuais.

O terceiro capítulo é composto pelo segundo artigo, o qual traz uma sistemática para gerenciamento de estoque de embalagens em uma empresa misturadora de fertilizante apoiada em Simulação de Monte Carlo. O capítulo descreve o método proposto e ilustra sua aplicação através de um estudo de caso.

Por fim, o quarto capítulo apresenta a conclusão do trabalho, onde os resultados obtidos são analisados frente aos objetivos traçados e as delimitações estabelecidas. Neste capítulo também são abordados possíveis desdobramentos desta pesquisa.

1.6. Delimitações do Estudo

No presente trabalho, o primeiro artigo limita-se ao desenvolvimento de uma metodologia para previsão de demanda mensal de embalagens de fertilizantes minerais sólidos integrando técnicas quantitativas e qualitativas de previsão. Por este motivo, não é contemplada neste trabalho a previsão de demanda do produto fertilizante propriamente dito. Este estudo apoiou-se em dados históricos de demanda de um único modelo de embalagens, o qual representa o maior volume em unidades de venda e maior volume financeiro. Além disso, entrevistou-se apenas um especialista de cada região geográfica do estado para obtenção das previsões qualitativas. Também não são realizadas avaliações de custo na abordagem proposta no artigo 1.

No que tange as delimitações do segundo artigo, o estudo restringe-se ao desenvolvimento de uma sistemática para gerenciamento de estoque de embalagem de fertilizantes minerais sólidos tipo *one way* apoiada na Simulação de Monte Carlo. Não faz parte do escopo desta pesquisa outros tipos de embalagens utilizadas. A simulação foi desenvolvida considerando a política de revisão periódica de estoque mantendo o período de revisão determinado pela empresa. O uso do método apoiado em uma política de revisão contínua demanda adaptações.

1.7. Referências

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Planejamento organização e logística empresarial*. Tradução Elias Pereira. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

- BRITTO, A. S. S. *Implementação de um processo de gestão da demanda em uma empresa do setor metal-mecânico*. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, 2005.
- CATELLI, A. *Controladoria: Uma abordagem da gestão econômica – GECON*. São Paulo: Atlas, 2010.
- CORREA, H. L. *Planejamento, programação e controle da produção – MRP II ERP, conceitos, uso e implantação*. São Paulo: Atlas. 2000.
- DIAS, M. A. P. *Administração de materiais: uma abordagem logística*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- EHRBAR, A. *EVA: Valor econômico agregado: A verdadeira chave para criação de riqueza*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1996.
- GOODWIN, O. *Integrating management judgment and statistical methods to improve short-term forecast*. Omega, v. 30, n. 2, 2002.
- KOTLER, P. *Marketing management: Analysis, planning, implementation, and control*. New Jersey: Prentice-Hall, 1991.
- KRAJEWSKI, L. J. & RITZMAN, L. P. *Operations management, strategy and analysis*, 5. ed. Addison-Wesley, Reading, MA, 1999.
- LEMOS, F. O. *Metodologia para Seleção de Métodos de Previsão de Demanda*. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção e Transportes. Porto Alegre – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- MANCUZO, F. *Análise e previsão de demanda: estudo de caso em uma empresa distribuidora de rolamentos*. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção e Transportes. Porto Alegre – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.
- MARTELLI, L. L.; DANDARO, F. *Planejamento e controle de estoque nas organizações*. Revista Gestão Industrial, v. 11, n. 02, p. 170-185, 2015.
- SANDERS, N. R.; GRAMAN, G. A. *Quantifying cost of forecast errors: A case study of the warehouse environment*. Omega 37, 116-125, 2009.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. *Metodologia da pesquisa e elaboração da dissertação*. 4. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2005.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P; SIMCHI-LEVI, E. *Designing and managing supply chain*. 1. ed. Boston: McGraw-Hill, 2000.

TRAPERO, J. R.; PEDREGAL, D. J.; FILDES, R.; KOURENTZES, N. *Analysis of judgmental adjustments in the presence of promotions*. *International Journal of Forecasting*. v. 29, 234-243, 2013.

VEIGA, C. P. *Análise de métodos quantitativos de previsão de demanda: estudo comparativo de desempenho financeiro*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas). Curitiba – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2009.

WANKE, P. *Gestão de estoques na cadeia de suprimentos: decisões e modelos quantitativos*. Rio de Janeiro: Atlas, 2003.

2. PRIMEIRO ARTIGO: PREVISÃO DE DEMANDA DE EMBALAGENS DE FERTILIZANTE ATRAVÉS DA INTEGRAÇÃO DE MÉTODOS QUANTITATIVOS E QUALITATIVOS

Resumo:

Este artigo possui como objetivo propor um método de previsão de demanda integrando modelos quantitativos e qualitativos. O método, visa obter com maior acurácia a previsão de demanda para embalagens em uma empresa do ramo de fertilizantes. Inicialmente realizou-se uma revisão da literatura disponível sobre o assunto e a validação de alguns conceitos e afirmações publicados. Após essa etapa, foram coletados dados históricos de demanda de embalagens e realizada a modelagem da série com base em modelos matemáticos; o melhor método foi identificado através do valor do Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Na sequência, as previsões geradas pelo modelo escolhido foram ajustadas com base na opinião de especialistas. O método ajustado gerou resultados robustos quando comparado com a previsão de demanda realizada pela companhia para os próximos períodos.

Palavras-chave: Previsão de demanda, Análise de séries temporais, Integração de métodos, Embalagens para fertilizantes.

2.1. Introdução

O Brasil é um grande produtor agrícola mundial e o agronegócio possui significativa participação no Produto Interno Bruto do país. Segundo a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil CNA (2018) o setor correspondeu a cerca de 22% do PIB no ano de 2018. Para manter esses importantes resultados, é imprescindível o investimento em insumos para incremento de produtividade no campo, fazendo do fertilizante item indispensável na cadeia produtiva.

O consumo nacional desse insumo foi superior a 35,5 milhões de toneladas em 2018, representando crescimento de 3,1 % quando comparado ao consumo de 2017 (ANDA, 2018). O estado com maior quantidade de área plantada para produção de grãos é o Mato Grosso que possui em torno de 15 milhões de hectares segundo a CONAB. Para tanto, consome anualmente volume superior a 7,5 milhões de toneladas (ANDA, 2018).

O Mato Grosso, por estar situado na região centro oeste brasileiro, possui um clima quente caracterizado por elevado número de horas com radiação solar e períodos de chuvas bem definidos, onde o verão é chuvoso (outubro a abril) e o inverno seco (maio a setembro). Seu relevo, predominante entre plano e ondulado, é adequado à agricultura mecanizada. A soma

desses fatores faz com que a região seja propícia para o cultivo da soja e do milho, culturas as quais são as principais em área plantada no estado. Devido ao clima ao qual o estado está submetido e a pequena diversidade de culturas produzidas, o setor produtivo de fertilizantes é drasticamente afetado pela sazonalidade, pois, grande parte da utilização desse insumo é concentrada em épocas específicas (julho a outubro).

O setor produtivo de fertilizantes, mais precisamente as misturadoras, necessitam de capacidade produtiva apropriadamente dimensionada e níveis corretos de estoques de matérias-primas e insumos para garantir o nível de serviço. Nesse contexto, as previsões de demanda são importantes para auxiliar na tomada de decisões futuras (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009; CORRÊA; CORRÊA, 2012). Segundo Werner & Ribeiro (2003), prever demanda é uma atividade importante, pois pode revelar as tendências de mercado e contribuir no planejamento estratégico da empresa.

Apesar da importância de uma análise detalhada para a previsão demanda de fertilizantes, usualmente as empresas do setor apoiam-se, em sua maioria, em técnicas informais baseados no conhecimento dos gestores para tomadas de decisões (técnicas essas conhecidas como métodos qualitativos). Tais métodos, segundo Pellegrini (2000), por serem fundamentados na opinião de especialistas com preferências distintas, são vulneráveis a tendências que podem comprometer a previsão. No entanto, Lemos (2006) acrescenta que análises subjetivas devem ser integradas ao processo preditivo quando os métodos quantitativos não conseguem agregar aos modelos matemáticos mudanças internas e externas ao ambiente organizacional. Para Mathews e Diamantopoulos (1986), ajustes baseados na opinião de especialistas em previsões quantitativas aumentam a precisão dos resultados.

O objetivo desse artigo é propor um método integrado para previsão de demanda de embalagens de fertilizantes. Esse estudo visa a ajustar os valores de previsões obtidas por métodos quantitativos através da opinião de especialistas. Para tanto, os históricos de demanda desses tipos de embalagens são coletados e analisados por diferentes modelos quantitativos de previsão de demanda. O modelo que apresentar melhor aderência aos dados e maior capacidade preditiva (menor MAPE *Mean absolute Percentage Error*) é utilizado para previsão quantitativa. Em seguida, através das opiniões dos especialistas entrevistados, determinam-se fatores qualitativos que podem influenciar a demanda e suas proporções. Tais fatores são usados no ajuste das predições quantitativas geradas pelo modelo selecionado. Por fim, compara-se os valores previstos no modelo com a previsão realizada pela empresa atualmente.

Este artigo está organizado em 5 seções, incluindo essa introdução. Na seção 2, é apresentado um breve referencial teórico, definindo os conceitos abordados no decorrer do

artigo. Na seção 3 são definidos os procedimentos metodológicos utilizados na pesquisa, seguido pela seção 4 que contém os resultados e discussões. Por fim, na seção 5 são relatadas as considerações finais sobre o estudo de caso e propostas oportunidades para trabalhos futuros.

2.2.Referencial Teórico

Nesta seção serão apresentados conceitos sobre modelos de previsão de demandas qualitativos e quantitativos.

2.2.1. Previsão de Demanda

As previsões de demanda são importantes para auxiliar na tomada de decisões (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009 CORRÊA; CORRÊA, 2012). De acordo com Makridakis (1988), é atividade essencial para planejamento, estratégia ou qualquer outro meio que necessite tomar decisões futuras. Segundo Martins *et al.* (2005), previsão de demanda é um processo metodológico para a determinação de dados futuros baseado em modelos estatísticos, matemáticos ou econométricos ou ainda em modelos subjetivos apoiados em uma metodologia de trabalho clara e previamente estabelecida. Também é definida por Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), como o processo de identificar a demanda futura mais provável de se concretizar, com base em informações de concorrentes, preços e marketing, dentre outros, para fins de planejamento.

Para as empresas, a previsão de demanda é de suma importância em diversos setores, como vendas, financeiro, logística e produção (MOON *et al.*, 1998). No que diz respeito à produção, a previsão é o primeiro passo para planejar sua operação, pois é com base nela que são desenvolvidos os planos de capacidade, mão de obra, estoques e produção (ELSAYED; BOUCHER, 1985; TUBINO, 2000).

Os modelos de previsão de demanda se dividem em dois métodos: qualitativos e quantitativos. Os métodos qualitativos, também chamados de intuitivos ou subjetivos, dependem da experiência acumulada pelos especialistas (LEMOS, 2006). Segundo Hanke e Reitsch (1981), os métodos puramente qualitativos são “um resultado da manipulação mental de dados históricos”. As abordagens quantitativas conforme Hanke e Reitsch (1981), são procedimentos mecânicos que utilizam dados históricos para análise e produzem resultados numéricos acerca do futuro.

Os métodos quantitativos podem gerar resultados mais acurados que métodos qualitativos pois empregam critérios objetivos, menos susceptíveis a erros subjetivos. Porém,

em situações que existem fatores contextuais que não podem ser incluídos no modelo estatístico, os modelos qualitativos geram melhores previsões (SONG; BOULEIR; COLLOPY, 1996). Os modelos quantitativos e qualitativos são detalhados na sequência.

2.2.2. Métodos Quantitativos de Previsão de Demanda

Os métodos quantitativos caracterizam-se por utilizarem processos bem definidos para a análise de dados, permitindo que o método seja replicado por outros especialistas e que estes obtenham as mesmas previsões (ARMSTRONG *apud* LEMOS, 2006). Segundo Kerkanen *et al.* (2009), existem mais de 70 técnicas quantitativas diferentes para previsão, aplicáveis para os mais diversos tipos de demanda.

Os dados históricos são imprescindíveis para utilização de métodos quantitativos. A partir destes dados são feitas construções de modelos matemáticos que descrevem a variação da demanda ao longo do tempo. Segundo Pellegrini (2000), a isso dá-se o nome de série temporal. Conforme Makridakis *et al.* (1998), uma série temporal pode exibir até quatro características diferentes em seu comportamento: média, sazonalidade, ciclo e tendência. Uma série tem característica de média quando os valores de demanda flutuam em torno de uma média constante. A sazonalidade é definida por apresentar padrões cíclicos de variação que se repetem com intervalos constantes de tempo. O padrão cíclico existe quando a série possui variações ascendentes e descendentes, porém em intervalos não regulares de tempo. Por fim, a tendência é encontrada em séries temporais que apresentam comportamento ascendente ou descendente por um longo período de tempo.

De acordo com Thomas (1996), as previsões quantitativas podem ser feitas através de: (i) análise de séries temporais ou extrapolação; ou (ii) métodos causais.

Os métodos de séries temporais utilizam apenas os dados históricos da demanda para prever o futuro, pressupondo que a tendência da demanda no passado permanecerá inalterada (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2003). Conforme Mentzer e Gomes (1989), esses métodos se dividem em: métodos com modelos matemáticos fixos (FMTS – *fixed-model time series*); e métodos com modelos matemáticos ajustáveis (OMTS – *open-model time series*). Os FMTS são simples, de baixo custo e fácil entendimento. Apresentam equações fixas que são usadas sob considerações que certos componentes do padrão de demanda existem ou não na série temporal. Os métodos de Média Móvel e Suavização Exponencial são FMTS. Os OMTS são complexos, requerem treinamento intensivo e considerável tempo de análise. Desenvolvem um modelo de previsão depois de identificar os componentes existentes nas séries históricas de demanda. Apesar de sua grande utilização em pesquisas acadêmicas, no meio empresarial

apresenta restrições devido a sua complexidade e limitado ganho de acurácia em relação a outros métodos (LEMOS, 2006).

Os métodos causais usam dados históricos para variáveis dependentes e independentes, procurando relações causais entre fatores que influenciam a demanda de um produto (como campanhas promocionais, condições econômicas e ações de concorrentes). As relações entre os fatores a serem previstos e outros fatores são expressos por funções matemáticas. Os métodos causais consideram que as relações causais históricas se manterão no futuro (THOMAS, 1996). São muito utilizados como ferramenta analítica na previsão de variáveis econômicas.

Na sequência serão detalhados os seguintes métodos quantitativos: Média Móvel, Suavização Exponencial e *Box-Jenkins*.

2.2.3. Média Móvel

O método da Média Móvel é amplamente utilizado pela sua facilidade de implementação e necessidade de poucos dados históricos para sua aplicação (LEMOS, 2006). Matematicamente calcula-se a média dos n períodos de tempo mais recentes para obter a previsão do período seguinte, como na equação (1).

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

Onde:

D_t = Demanda real do período t ;

n = Número total de períodos na média; e

F_{t+1} = Previsão para o período $t+1$.

Conforme Makridakis *et al.* (1998), o método é apropriado somente para previsões de curto prazo que não apresentam em sua série temporal componentes de tendência e sazonalidade, visto que a previsão de um novo período requer a adição de novos dados e a desconsideração de dados anteriores. Uma alternativa a essa falha do método é a utilização da média móvel ponderada em casos onde alguns dados possuem maior importância que outros. Desta forma, utilizam-se pesos para períodos mais significativos. A soma dos pesos tem que ser igual a 1.

2.2.4. Suavização Exponencial

Os modelos de suavização exponencial são as técnicas de previsão de demanda mais utilizadas (DAVIS; AQUILANO; CHASE, 2003). Suas maiores vantagens são sua

simplicidade, baixo custo e boa acurácia (PELLEGRINI, 2000). Seus métodos se dividem em: (i) Suavização Exponencial Simples; (ii) Suavização Exponencial Linear de Holt; e (iii) Método de Holt-Winters (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998). Eles usam uma ponderação própria para cada observação temporal, fazendo com que os dados recentes tenham pesos maiores que os dados mais antigos. Desta forma, os pesos decaem exponencialmente a partir dos dados mais novos.

A suavização exponencial simples apresenta boa acurácia quando a série temporal em estudo se mantém constante sobre um nível médio; portanto, é utilizada quando não há tendência ou sazonalidade na demanda. É simples e exige apenas três dados: demanda do último período, demanda para o período atual e uma constante de amortecimento alfa (α) delimitada entre 0 e 1. O método obtém a previsão para o período futuro ajustando a previsão atual com o erro de previsão. Lemos (2006) explica que a previsão do período $t+1$ é igual à previsão do período t mais o ajuste para o erro que ocorreu na previsão do período t . Sua representação matemática é apresentada pela equação (2):

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1-\alpha)F_t \quad (2)$$

Onde F_{t+1} é a previsão para o período $t+1$, F_t é a previsão do período anterior, Y_t a demanda no período anterior e α a constante de amortecimento.

A suavização exponencial de Holt é também conhecida como suavização exponencial dupla. Segundo Pellegrini (2000), pode ser utilizada satisfatoriamente em séries temporais que apresentam aumento ou diminuição sistemática na média da série ao longo do tempo, ou seja, tendência. Este modelo emprega duas constantes de suavização, α e β (com valores entre 0 e 1), sendo representadas por três equações (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998):

$$\text{Previsão: } F_{t+m} = L_t + b_t m \quad (3)$$

$$\text{Nível: } L_t = \alpha Y_t + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (4)$$

$$\text{Tendência: } b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)b_{t-1} \quad (5)$$

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.

O método de Holt-Winters é indicado para séries temporais que apresentam padrão de demanda com tendência linear e ocorrência de sazonalidade (PELLEGRINI, 2000). Este modelo se divide em duas abordagens: método multiplicativo e método aditivo (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009). O método multiplicativo é indicado para séries temporais em que a amplitude da sazonalidade varia com o nível da demanda. Já o aditivo é apropriado

para séries temporais cuja amplitude da sazonalidade é independente do nível de demanda (LEMOS, 2006). As equações do método multiplicativo são (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998):

$$\text{Previsão: } F_{t+m} = (L_t + b_t m) S_{t-s+m} \quad (6)$$

$$\text{Nível: } L_t = \alpha \frac{Y_t}{S_{t-s}} + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (7)$$

$$\text{Tendência: } b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \quad (8)$$

$$\text{Sazonalidade: } S_t = \gamma \frac{Y_t}{L_t} + (1-\gamma)S_{t-s} \quad (9)$$

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 amortecimento com valores entre 0 e 1.

O método sazonal aditivo é mais simples e mais comum que o multiplicativo. Considera que o padrão sazonal é constante, ou seja, soma-se à estimativa de demanda média do período um valor constante. As equações deste modelo são (MAKRIDAKIS *et al.*, 1998):

$$\text{Previsão: } F_{t+m} = L_t + b_t m + S_{t-s+m} \quad (10)$$

$$\text{Nível: } L_t = \alpha (Y_t - S_{t-s}) + (1-\alpha)(L_{t-1} + b_{t-1}) \quad (11)$$

$$\text{Tendência: } b_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1-\beta)b_{t-1} \quad (12)$$

$$\text{Sazonalidade: } S_t = \gamma(Y_t - L_t) + (1-\gamma)S_{t-s} \quad (13)$$

Conforme Pellegrini (2000), os valores da constante de amortecimento α , β e γ são arbitrários. O melhor valor pode ser apontado iterativamente utilizando alguma forma de comparação (por exemplo medidas de acurácia).

2.2.5. Box-Jenkins (ARIMA)

Os modelos de Box-Jenkins foram propostos por George Box e Gwilym Jenkins (1976) e detalhados por Morettin e Toloí (2010). Também são conhecidos como Modelos Autoregressivos Integrados a Média Móvel (ARIMA). Esses modelos utilizam algoritmo matemático complexo para identificar a forma do modelo matemático mais adequado para a série temporal analisada (ARCHER, 1980). Eles partem da ideia de que os valores de uma série temporal são altamente dependentes, ou seja, cada valor pode ser explicado por valores prévios da série (PELLEGRINI, 2000).

De acordo com Box *et al.* (1994), a metodologia possui três passos iterativos: identificação, estimação e verificação. O primeiro passo visa identificar o modelo ARIMA a ser ajustado aos dados (MORETTIN; TOLOI, 2004). É necessário observar nos dados históricos a existência de características determinantes como estacionariedade e sazonalidade e

a adequação dos dados às características exigidas pelo método. No segundo passo visa estimar os parâmetros visando minimizar os erros. O terceiro e último passo é a verificação do modelo, avaliando se o mesmo é adequado. Frequentemente é feita através de análise residual, verificando a existência de autocorrelação entre os resíduos.

Gottardi e Scarso (1994) afirmaram que para o modelo ARIMA gerar bons resultados é necessário que o fenômeno analisado seja relativamente estável, tenha padrão estocástico e que tenha quantidade suficiente de dados (mais que trinta). A confirmação veio com um estudo realizado por Wang (2011), o qual demonstra que em análises com longa base de dados o modelo consegue capturar a tendência da série, e assim trazer bons resultados – o que não acontece com curtos períodos de amostragem.

2.2.6. Acurácia

As séries temporais quando submetidas aos métodos de previsão de demanda resultam em diferentes valores futuros. Para tanto, existem métricas que auxiliam na escolha do método que apresenta maior acurácia. Segundo Pellegrini (2000), a escolha do modelo mais apropriado é feita a partir do somatório dos erros gerados por cada modelo. Desta forma, aquele que apresentar menor erro associado é o mais adequado. Existem diferentes métricas, dentre as quais destacam-se:

- Média do quadrado dos erros (MQE) = $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_t^2$
- Média absoluta dos erros (MAE) = $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |e_t|$
- Média absoluta percentual dos erros (MAPE) = $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{e_t}{z_t} \right| \times 100$

Onde n é o número de períodos considerados para o cálculo da medida de acurácia, z_t é o valor da demanda atual no período i e e_t é o valor resultante da subtração da previsão de demanda no período i pelo valor z_t do período i .

Segundo Moreno *et al.* (2013) e Kahn (1998), o MAPE é a métrica mais utilizada nos estudos para 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.

2.2.7. Métodos Qualitativos de Previsão de Demanda

Os métodos qualitativos consistem em coletar opiniões de pessoas que entendem profundamente do assunto e avaliar essas diversas opiniões conjuntamente (SLACK; CHAMBERS; JOHNTON, 2009). Em geral, são utilizados quando há escassez de dados

históricos, como em cenários onde existe introdução de novos produtos ou mudança de tecnologia, o que exige uma previsão com base no julgamento e nas experiências do gestor (RITZMAN, KRAJEWSKI, 2004). As estimativas dos especialistas são baseadas na intuição, julgamento, conhecimento técnico, técnicas comparativas, pesquisas e conhecimentos de relações causa e efeito entre variáveis adquirido com a experiência nas organizações (WEBBY; O'CONNOR, 1996).

Conforme Makridakis (1988), os métodos qualitativos apresentam tendências no processo preditivo devido à análise subjetiva. Alguns tipos comuns de tendências são: (i) otimismo, onde a previsão reflete os resultados desejados pelos entrevistados; (ii) inconsistência, casos onde há incapacidade de aplicar o mesmo critério em situações similares; (iii) novidades, onde eventos mais recentes são erroneamente considerados mais importantes; (iv) correlações ilusórias, situações onde os consultados acreditam na existência de padrões e/ou que variáveis são relacionadas quando isto não ocorre; (v) conservadorismo, quando não se muda de ponto de vista com surgimento de novas informações; e (vi) percepção seletiva, onde há tendências de ver problemas baseado na própria experiência.

A utilização de métodos estruturados no processo de previsão subjetiva melhora significativamente a acurácia das previsões (ARMSTRONG, 1988). Existem vários métodos com essa finalidade, dentre os quais destaca-se o Método Delphi. Este método baseia-se na premissa de que o julgamento coletivo, quando bem organizado, apresenta resultados mais acurados do que um julgamento individual (WANKE; JULIANELLI, 2006). Segundo Munaretto, Corrêa e Cunha (2013), as concordâncias de opiniões dos especialistas sobre um assunto ocorrem sobre quatro pilares fundamentais: (i) o anonimato dos participantes da pesquisa; (ii) a consulta aos especialistas para coleta de dados; (iii) a aplicação de rodadas interativas e com *feedback*, de forma que os participantes possam rever suas opiniões e refletir sobre elas; (iv) a busca por consenso, oriunda da avaliação do ponto de vista levantado pelo grupo. Essa técnica de acordo com Wright (1986), apresenta algumas desvantagens: (i) possibilidade de se forçar o consenso indevidamente; (ii) dificuldade de se redigir um questionário sem ambiguidades ou tendencioso; (iii) o tempo despendido na realização do processo completo; (iv) custos de elaboração elevados.

2.2.8. Integração de Métodos Quantitativos e Qualitativos de Previsão

A integração de métodos de previsão é frequentemente utilizada no intuito de melhorar a acurácia da previsão (CHEN; KUNG, 1984; BOPP, 1985). Ritzman e Krajewski (2004), afirmam que a combinação de previsões pode superar o melhor método de previsão isolado.

Encontram-se disponíveis na literatura vários estudos que evidenciam que integrações entre métodos qualitativos e quantitativos resultam em previsões mais acuradas. Isso ocorre devido à adição do conhecimento contextual no processo preditivo.

De acordo com Lemos (2006), a vantagem da integração de métodos qualitativos com quantitativos é a incorporação do domínio do conhecimento no processo preditivo. Segundo ele, as análises subjetivas devem ser integradas ao processo preditivo quando é importante evitar grandes erros nas previsões e em situações dinâmicas, onde os métodos quantitativos não conseguem agregar aos modelos matemáticos mudanças internas e externas ao ambiente organizacional. O autor explica que o domínio do conhecimento é resultado da interpretação da informação contextual pelo especialista em previsão com um entendimento dos efeitos típicos dos fatores contextuais no domínio de previsão.

Existem, segundo Webby e O'Connor (1996), quatro métodos para integração de previsões: (i) Ajuste Subjetivo; (ii) Decomposição de séries temporais; (iii) Combinação de previsões e (iv) Desenvolvimento de um modelo de previsão.

No presente trabalho será abordado o método ajuste subjetivo. Webby e O'Connor (1996) o definem como um ajuste com base em fatores contextuais a uma previsão realizada por meio de um método quantitativo. Esse método pode produzir previsões mais acuradas do que previsões obtidas somente por métodos quantitativos. É geralmente mais fácil de implementar e apresenta melhor custo/benefício. A Figura 1 ilustra o ajuste subjetivo.

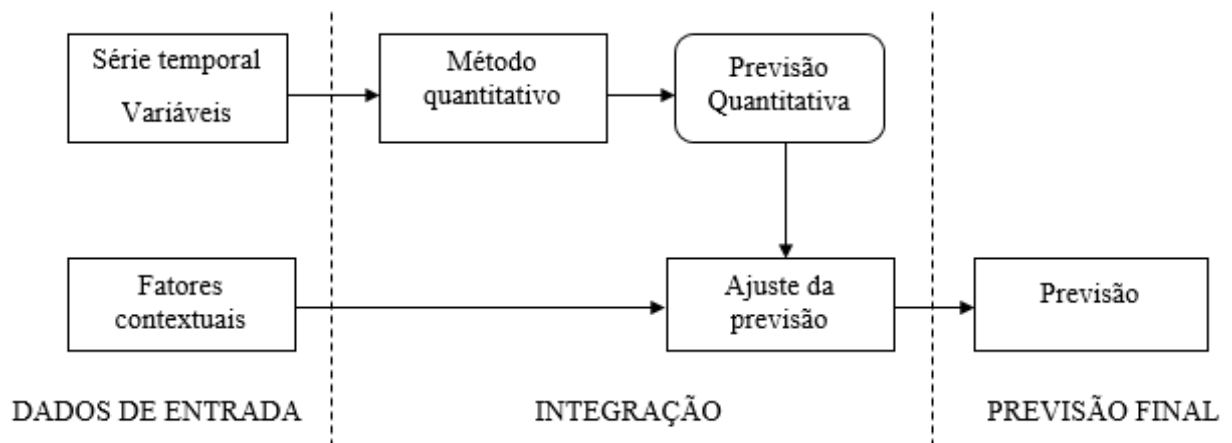


Figura 1: Ajuste Subjetivo
Fonte: WEBBY e O'CONNOR, 1996

Armstrong (2001) chama atenção para o fato de que o entusiasmo excessivo ou descrença dos responsáveis pelo ajuste podem gerar vieses inexistentes ou prejudicar uma boa previsão quantitativa. De acordo com Werner e Ribeiro (2006), existem cinco tipos de vieses: (i) Inconsistência: incapacidade de aplicar o mesmo critério de decisão em ocasiões semelhantes;

(ii) Ancoramento: tendência dos especialistas a serem influenciados por informações iniciais; (iii) Conservadorismo: previsores partem do pressuposto de que a variável em estudo seguirá o mesmo padrão de comportamento do que teve no passado; (iv) Otimismo: pensamento do tomador de decisão que o motiva a realizar a previsão mais favorável do que seria com base em fatos; (v) Correlação Ilusória: acreditar que duas variáveis estão relacionadas quando na verdade não estão.

Para Sanders e Ritzman (2001), um método estruturado de ajuste diminui a limitação do especialista em considerar grande quantidade de informação. Wolfe e Flores (1990) realizaram um ajuste em uma previsão de lucros através do Processo Hierárquico Analítico (AHP), aumentando consideravelmente a acurácia dos resultados.

No agronegócio técnicas de previsão de demanda foram utilizadas por Werner *et al.* (2006) para prever demanda de produtos agrícolas e produzir uma estimativa de área a ser plantada; Kahmann *et al.* (2013), compararam três métodos de previsão em uma empresa que atua na área de vendas agrícolas avaliando melhor método na linha de veículos; Oliveira e Sobrinho (2009), investigaram a adequação de uma metodologia de previsão de preços para uva e manga produzidas e comercializadas no Vale do São Francisco; Farias, Nogueira e Neto (2006), apresentaram um comparativo de análises quantitativas das séries sazonais relacionadas a demanda nacional de fertilizante e a demanda da três produtos de um complexo industrial de fostatados; já a integração de previsão foi utilizada no agronegócio por Zanella, Viera e Barichello (2016), quando comparam previsões puramente quantitativas com técnicas de integração de métodos em uma agroindústria de carnes no oeste catarinense.

2.2.9. Função Perda de Taguchi

De acordo com Prates (1998), os métodos de Taguchi foram criados pelo engenheiro Genichi Taguchi e começaram a serem utilizados no início dos anos 80 pela indústria automobilística. Segundo a autora, o núcleo fundamental da filosofia de Taguchi está em sua não-convencional definição de qualidade. Taguchi (1986) define qualidade como a perda financeira que um produto causa a sociedade depois de ser enviado para comercialização. Para ele, as perdas vão além dos custos incorridos na produção. São também os custos sofridos pelos consumidores no decorrer da vida útil de um produto. Reduzir a perda para a sociedade é a estratégia que incentivará produtos uniformes e reduzirá custos na hora da produção e utilização.

O método de Taguchi utiliza de duas ferramentas principais: a função perda quadrática, que determina as perdas monetárias pagas pela sociedade. E a utilização do delineamento de

experimentos, procurando os níveis dos parâmetros que tornam o produto robusto às fontes de variabilidade e o projeto de tolerâncias de menor custo (PRATES, 1998).

A abordagem tradicional do controle do processo é considerar como conformes, todas as unidades fabricadas dentro de um limite de tolerância. No entanto, de acordo com Taguchi *et al.* (1990), a perda e qualidade ocorre quando a característica funcional de um produto se desvia do seu valor nominal, não importando o tamanho do desvio. A função perda de Taguchi estabelece uma medida financeira para o cálculo do desvio de uma característica do produto com relação ao seu valor nominal.

Segundo Prates (1998), existem três equações para o cálculo financeiro de perdas. Elas são definidas de acordo com o tipo de tolerância que variam conforme as características funcionais da qualidade, são elas: Nominal é melhor (tipo N), menor é melhor (tipo S) e maior é melhor (tipo L). O tipo N é exigido quando se prefere um tamanho nominal. Portanto, para se minimizar a perda a característica do produto deve estar centralizada no valor nominal e a variância da característica precisa ser reduzida. A viscosidade, folga e dimensão são exemplos mais comuns. O tipo S, envolve uma característica não-negativa, cujo valor ideal é zero. Exemplos típicos são a impureza, nível de ruído e desgaste. O tipo L, refere-se a casos onde quanto maior o valor das características, melhor será. É aplicado por exemplo a resistência de matérias, tempo de vida e rendimento de combustíveis. As três equações são:

- Nominal é melhor $L = k(y - m)^2$
- Menor é melhor $L = k(y)^2$
- Maior é melhor $L = \frac{k}{y^2}$

onde, L é a perda financeira devido ao desvio da característica; k é o coeficiente de perda da qualidade, que converte desvio do alvo em valor monetário; y é o valor medido da característica da qualidade; e m é o valor nominal ou valor alvo.

2.3.Procedimentos Metodológicos

O presente estudo caracteriza-se como pesquisa aplicada, pois utiliza-se de conhecimentos, técnicas e métodos científicos para resolução de problemas concretos e cotidianos. Apresenta abordagem quantitativa, uma vez que as informações utilizadas são quantificadas e modeladas matematicamente. Quanto aos objetivos, essa pesquisa é classificada como exploratória e o procedimento utilizado é o estudo de caso visto que será realizada uma coleta de informações e análises de uma situação específica dentro de uma empresa misturadora de fertilizante (YIN, 2003).

O método integrado de previsão de demanda proposto neste trabalho, incorpora aspectos qualitativos a resultados gerados por modelos de previsão de demanda quantitativos. O método é operacionalizado em cinco etapas: (i) Coleta e tratamento dos dados históricos de demanda, seleção dos especialistas e definição dos itens analisados; (ii) Modelagem quantitativa; (iii) Levantamento dos fatores contextuais; (iv) Ajuste subjetivo; e (v) Validação do método.

2.3.1. Coleta e Tratamento dos Dados Históricos de Demanda, Seleção dos Especialistas e Definição dos Itens Analisados

A primeira etapa no desenvolvimento da pesquisa é a coleta de todos os dados históricos da demanda de embalagens disponíveis, junto ao setor responsável a fim de realizar a modelagem dos mesmos. Avalia-se a existência de dados suficientes para aplicação do método, bem como, a presença de comportamentos anormais e dados espúrios. Se dados anormais forem encontrados os especialistas são consultados a fim de identificar se as variações poderão se repetir. Na sequência, verifica-se a existência de especialistas capazes de realizar o ajuste qualitativo, considera-se necessário no mínimo cinco profissionais. Para tal, a seleção destes é feita com base na experiência no setor comercial de fertilizantes no estado do Mato Grosso, onde os quais, devem ter conhecimentos dos diferentes tipos de mercados presentes nas regiões, perfis de clientes, características de produtos, conhecimento sobre os concorrentes e sobre os canais logísticos do estado. Nesta etapa também são definidos os tipos de embalagens a serem modeladas. Devem ser priorizadas os tipos mais representativos em termos de quantidade consumida.

2.3.2. Modelagem Quantitativa

Nesta etapa, os dados históricos são analisados graficamente auxiliando na identificação de padrões, tendências e sazonalidade na série temporal. Deve-se então, definir o método estatístico que melhor se adapta aos dados históricos de demanda. Para tal, os dados coletados são separados em porção de treino e teste, procedimento esse que tem como função analisar a qualidade das previsões resultantes dos modelos. A porção treino utiliza 80% dos dados mais antigos enquanto a porção teste utiliza os 20% dos dados restantes com vistas à validação do método. Na sequência, diferentes modelos de previsão são testados na porção treino através do *software* NCSS. Em seguida, a qualidade da capacidade preditiva do modelo é avaliada através do MAPE (*Mean Absolute Percent Error*) dos dados da porção teste. O modelo com menor MAPE é escolhido.

2.3.3. Levantamentos dos Fatores Contextuais

Nesta etapa emprega-se o conhecimento dos especialistas a fim de descobrir se existem fatores contextuais que podem permitir o ajuste na previsão quantitativa. Entende-se por fatores contextuais, acontecimentos que influem na demanda e que não podem ser apropriadamente modelados pelos métodos quantitativos tais como: promoções de venda, introdução de um novo produto ou concorrente, marketing mais agressivo e fatores ambientais. Os especialistas são entrevistados individualmente, apontando os fatores que acreditam influenciar na demanda da variável em estudo para os próximos períodos. Na sequência todos os fatores são organizados por similaridade visando reduzir o número de indicadores, posteriormente foram informados aos especialistas para validação.

Em seguida, através de entrevistas individuais, cada especialista dá seu palpite a respeito da variação na demanda que cada fator contextual pode causar para os períodos futuros. Esses palpites são divididos em dois cenários: cenário otimista, favorável à empresa, e um pessimista, pouco favorável. A média dos cenários deve ser calculada para todos os fatores contextuais, então, com a soma desses resultados obtém-se o coeficiente de ajuste F de cada especialista.

2.3.4. Ajuste Subjetivo

Com as previsões geradas pelo modelo quantitativo na segunda etapa, é realizado o ajuste subjetivo com base nos fatores contextuais informados pelos especialistas na etapa anterior. Para tal, inicialmente, são atribuídos pesos à contribuição de cada especialista. Desta forma, é possível quantificar a importância de cada opinião perante o grupo.

Para a atribuição de pesos utilizou-se uma adaptação da função perda quadrática de Taguchi. Neste contexto, a função de Taguchi visa penalizar opiniões que se distanciem de um valor meta. A função é representada pela Equação (14):

$$L = (F - M)^2 \quad (14)$$

onde, L é o erro quadrático, F é o coeficiente de ajuste calculado na etapa anterior e M é a média entre os coeficientes F , portanto, o valor meta.

A aplicação da equação citada deve ser feita para os palpites de cada um dos especialistas, posteriormente a soma desses valores é calculada. Através da soma dos erros quadráticos, calcula-se a porcentagem de erros que os palpites de cada especialista tiveram. O valor é obtido pela razão entre o L de cada especialista e o somatório dos erros quadráticos sendo simbolizado por E . Esses valores representam em porcentagem a perda de contribuição que cada palpite terá.

Na sequência, utilizando-se dos valores E , calcula-se o peso de contribuição W' de cada especialista através da Equação (15):

$$W' = \frac{W \times (1-E)}{(1-W)} \quad (15)$$

onde, E é a perda de contribuição no palpite de cada especialista e W é o peso de cada especialista antes da aplicação da função de Taguchi, ou seja, 100% dividido pelo número de especialistas.

Em seguida, através da multiplicação do coeficiente de ajuste F com o peso W' obtém-se o índice θ . Tal índice, representa o ajuste relativo à opinião de cada respondente na previsão de variação da demanda. Portanto, a soma dos índices θ de cada especialista resultará no Índice de ajuste final Y , o qual, ajustará as previsões puramente quantitativas estimadas anteriormente. Desta forma, a previsão ajustada para os períodos futuros é definida pela Equação (16):

$$P_{final\ ajustada} = P_{quantitativa} \times [1 + (Y)] \quad (16)$$

Em situações onde coincidentemente os coeficientes de ajuste F dos especialistas forem idênticos, o valor para esta variável deverá substituir o índice de ajuste final Y na Equação (16).

2.3.5. Validação do Método

Na última etapa objetiva-se avaliar o desempenho do método proposto. Desta forma, os valores resultantes da previsão ajustada para os próximos seis períodos são comparados com as previsões puramente quantitativas, previsões atualmente realizadas pela empresa em seu âmbito operacional e com a demanda real ocorrida nos períodos analisados. Visando facilitar a interpretação e mensurar a qualidade de predição dos métodos citados, comparou-se também o MAPE das demandas obtidas. Por fim, expôs-se considerações sobre os resultados.

2.4. Estudo de Caso

O presente trabalho foi aplicado em uma empresa misturadora de fertilizantes minerais situada no estado do Mato Grosso. Sua atuação comercial é concentrada em seu próprio estado com uma pequena parcela no estado de Rondônia. A empresa fundada em 2010 faz parte de uma *holding* que atua a 39 anos no mercado nacional de fertilizante. Atualmente está entre as cinco maiores empresas do país em volume comercializado.

Uma misturadora é uma empresa que efetua formulação e acondiciona os fertilizantes em embalagens para comercialização com as empresas do agronegócio. As matérias-primas são adquiridas em empresas nacionais ou importadas e sua comercialização é feita por

formulações levando-se em conta a concentração de nutrientes de cada matéria-prima que compõe a fórmula.

A previsão de demanda de embalagens atualmente feita pela empresa é obtida através do histórico do ano anterior. O responsável pelo departamento de suprimentos juntamente com o coordenador e o superintendente comercial da região, analisam os volumes e efetuam as compras considerando uma repetição dos volumes produzidos. Esta operação leva a empresa a adquirir grandes quantidades de embalagens e manter altos estoques que muitas vezes chegam a ser alocados em locais inadequados. Atualmente, a capacidade de estocagem de embalagem é três meses de produção.

A justificativa para escolha das embalagens para análise se apoia em diversos aspectos. Primeiramente, verificam-se problemas recorrentes com excessos de estoques que ocorrem pelo gerenciamento ineficaz de entregas e expedição. Outro fator que potencializa o problema é o risco de incêndios - embalagens são confeccionadas com polipropileno e, portanto, são inflamáveis. Tal condição, além de gerar riscos, causa constantes e dispendiosos cuidados especiais.

2.4.1. Coleta e Tratamento dos Dados Históricos de Demanda, Seleção dos Especialistas e Definição dos Itens Analisados

Nesta etapa foram coletados os dados históricos de consumo de todos os tipos de embalagens disponíveis na empresa. Analisou-se o histórico desde a inauguração da fábrica; no entanto, a partir de julho de 2012 os volumes aumentaram drasticamente. Após consulta aos responsáveis, foi esclarecido que na época em questão houve uma duplicação da capacidade de expedição na unidade fabril devido ao não atendimento de demanda nos períodos anteriores. Portanto, para o estudo foi considerado apenas os dados de agosto de 2012 a julho de 2017.

Para a análise qualitativa do trabalho, cinco funcionários do departamento comercial foram entrevistados. Quatro deles são responsáveis pela colocação dos pedidos de cada uma das quatro supervisões em que o estado é dividido. O quinto respondente é o coordenador comercial que atende os clientes diretamente e também participa das previsões de demanda das embalagens. Todos são engenheiros agrônomos com expertise nas regiões e segmentos em que atuam.

Após conversa com o responsável pelo estoque de embalagens na unidade fabril, o modelo de embalagem *one way* foi escolhido para aplicação do método proposto. Essa escolha é justificada pela elevada demanda perante os outros tipos. A Tabela 1 e a Figura 2 representam a demanda histórica do produto.

Tabela 1: Demanda histórica do item selecionado (em unidades).

	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
2012								49257	66631	50584	13240	9195
2013	10003	9688	3624	18440	40811	52942	45970	60633	64844	61140	13345	16515
2014	11189	7655	4315	19782	50482	54944	66006	76325	57733	36205	21822	12263
2015	12371	6416	5003	2436	25282	57779	73604	80567	76663	62042	16877	9598
2016	7096	6205	4106	30690	54132	77716	88590	83089	63433	26846	19299	9215
2017	6008	5149	2754	7359	23267	43414	43809					

Fonte: Os autores

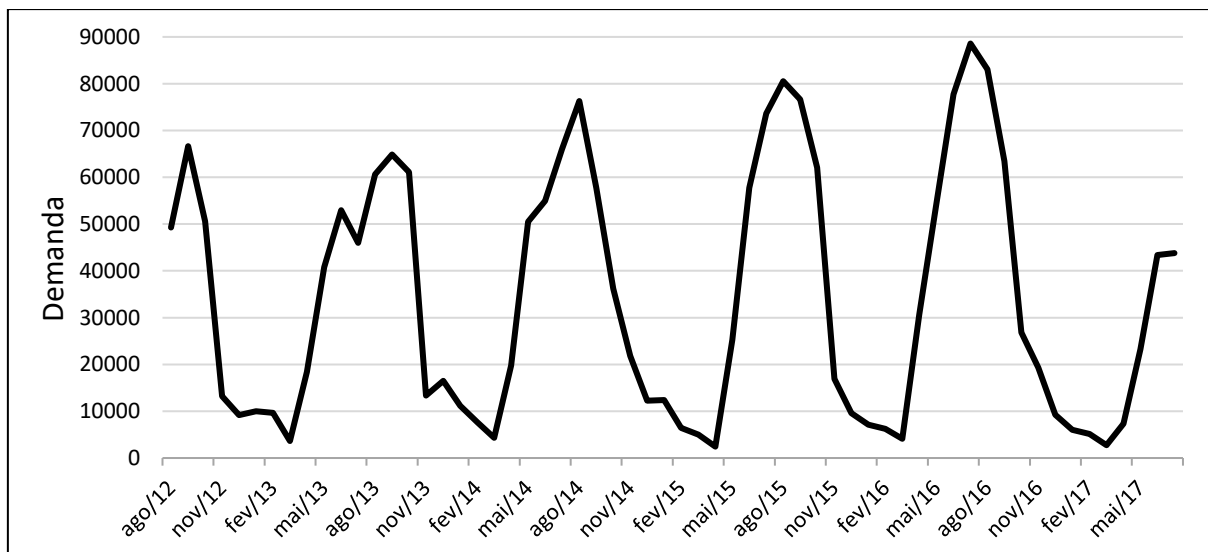


Figura 2: Gráfico da demanda histórica do item selecionado

Fonte: Os autores

Após a geração do gráfico com o perfil de demanda de big bags *one way* nos últimos 60 períodos, os especialistas consultados analisaram e não detectaram existência de dados atípicos na série temporal, os quais poderiam comprometer a previsão.

2.4.2. Modelagem Quantitativa

A modelagem quantitativa apoiou-se nos seguintes métodos de previsão: Média Móvel (M-3), onde a previsão para os próximos períodos é o resultado da média das últimas 3 demandas conhecidas, Média Móvel (M-6), segue o mesmo raciocínio anterior, no entanto, o cálculo da média utiliza os últimos 6 períodos, Suavização Exponencial de Holt-Winters Aditiva e Multiplicativa (HWA e HWM) e o modelo ARIMA. Na categoria dos modelos ARIMA, o *software* indicou ARIMA (3,0,2) (0,0,0) como melhor opção.

Na sequência os dados históricos de demanda foram separados em porções de treino e teste. Os primeiros 48 períodos (meses) foram utilizados como treino e os últimos 12 como teste para validação do método.

Uma vez ajustados os modelos utilizando o *software* NCSS, comparou-se o MAPE (média dos erros percentuais absolutos) de cada um dos modelos na porção teste para validação. O MAPE é uma medida de erro tipicamente utilizada para avaliação do desempenho preditivo de métodos de previsão. Quanto menor o MAPE, melhor a qualidade da predição. A Tabela 2 apresenta o MAPE de cada um dos modelos avaliados.

Tabela 2: Desempenho dos modelos de previsão de demanda na porção teste.

	M-3	M-6	HWA	HWM	ARIMA
MAPE	620%	339%	36,79%	34,46%	70,36%

Fonte: Os autores

Com a análise dos resultados da Tabela 2, evidenciou-se que o método de Suavização Exponencial de Holt-Winters do tipo Multiplicativo apresentou melhor capacidade preditiva. Portanto, tal modelo foi utilizado para previsão dos próximos 6 meses. A Figura 3 ilustra o gráfico com os dados históricos e a previsão puramente quantitativa para os próximos períodos fornecidos pelo método.

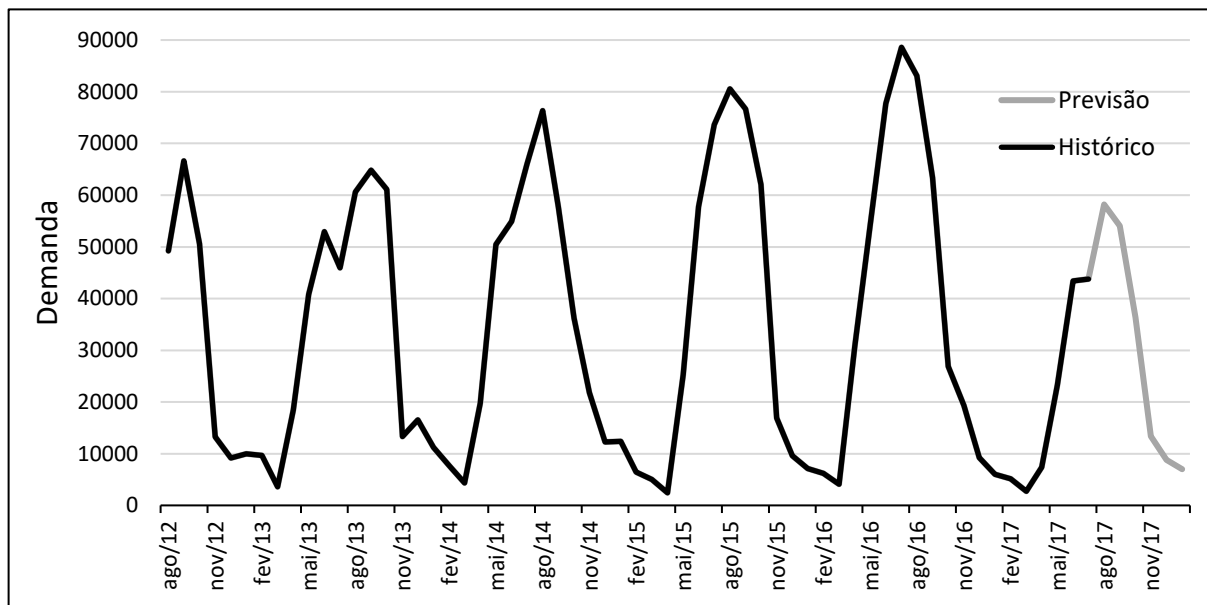


Figura 3: Gráfico da demanda histórica e previsão quantitativa.

Fonte: Os autores

2.4.3. Levantamento dos Fatores Contextuais

Após serem realizadas as modelagens matemáticas, iniciou-se então a parte qualitativa do método proposto. Para isso, os cinco especialistas foram entrevistados individualmente elencaram os fatores que julgam poder interferir na demanda para os próximos períodos. Essas informações foram coletadas via e-mail, haja visto que residem em cidades diferentes.

A partir do levantamento dos fatores mencionados, os dados foram organizados por similaridade, fatores que representam a mesma causa raiz foram agrupados para facilitar a compreensão. De acordo com Carvalho (1995), é recomendado se limitar o número de indicadores analisados, argumentando que o gerenciamento de elevado volume de informações é prejudicial ao processo de controle. Ao final, quatro fatores contextuais foram obtidos.

Nesta mesma etapa, cada especialista quantifica em porcentagem, a variação na demanda de embalagens que cada fator contextual poderá causar. Esses palpites são divididos em dois, o primeiro considerando um cenário favorável e o segundo um cenário pouco favorável. Abaixo, a descrição dos fatores contextuais e as expectativas de demanda para os próximos períodos de acordo com os respondentes:

- Melhor matéria-prima: Na empresa estudada um dos diferenciais competitivos é a flexibilidade nas negociações em relação ao prazo de retirada de fertilizante, principalmente se tratando de pedidos FOB. Contudo, essa flexibilidade pode causar transtornos para a indústria misturadora devido ao atraso no embarque dos pedidos por parte dos clientes. Para evitar desgaste comercial, a empresa opta por tentar convencer os clientes a anteciparem seus embarques com argumentos específicos. Um dos argumentos utilizados é a qualidade do produto; os supervisores sinalizam que matérias-primas armazenadas há menos tempo apresentam melhor qualidade física. Desta forma, os especialistas preveem que alguns clientes buscarão embarcar seus pedidos aproveitando-se dessa variável. Esse fator, irá ocasionar aumento da demanda entre 1 a 5% segundo o especialista 1; de 2 a 8% de acordo com especialista 2; de 1 a 5% na opinião do especialista 3; de 1 a 3% segundo o especialista 4; e o palpite do especialista 5 é que seja entre 1 a 7%.

- Disponibilidade de armazéns: Esse fator é uma variável ligada diretamente aos clientes na escolha da compra do fertilizante embalado ou granel. Clientes que dispõem de estrutura de armazenamento disponível conseguem diminuir custo adquirindo fertilizante a granel. Segundo os especialistas, alguns produtores que tradicionalmente compravam fertilizante granel irão adquirir embalado, desta forma, a demanda de embalagens irá aumentar nos próximos períodos. De acordo com o especialista 1 esse aumento será entre 5 a 9%; já o especialista 2 prevê de 5 a 7% de acréscimo; o especialista 3 estima que será de 2 a 6%; os especialistas 4 e 5 acreditam que esse aumento será de 2 a 6% e 4 a 10% respectivamente.

- Otimização da infraestrutura: Esse fator está ligado à organização das atividades dos clientes. Os produtores rurais que conseguem otimizar a estrutura disponível tendem a programar o recebimento de fertilizante entre as épocas de colheita e plantio (época em que a infraestrutura está ociosa). Isso ocorrerá nos próximos meses conforme os respondentes, e

afetará a demanda de maneira positiva em: 5 a 8% conforme especialista 1; 1 a 7% de acordo com o especialista 2; de 1 a 9% segundo o especialista 3; de 3 a 9% na opinião do especialista 4; e 2 a 7% de acordo com o especialista 5.

- **Negociação com prazo de entrega:** Apesar de não ser comum, algumas negociações são feitas com programação fixa de embarque, fazendo com que seja possível conhecer uma fração da demanda futura antecipadamente. Os casos mais comuns são os clientes que possuem frota de veículos próprios e não dependem de terceirização do transporte. Para os próximos meses há um volume conhecido de pedidos programados que a empresa está convicta que será expedido. Esse volume auxiliará em um aumento de demanda nas seguintes quantidades: Especialista 1 considera um aumento de 4 a 8%; o especialista 2 é mais conservador e acredita que seja de 1 a 5%; o especialista 3 espera que seja entre 1 a 3%; o especialista 4 crê que o aumento será de 2 a 8%; já o especialista 5 opinou valores de 3 a 9%.

Por fim, calcula-se a média entre os dois cenários para cada fator contextual citado pelos respondentes. A soma dessas médias resultará no coeficiente F , o qual, traduz a variação de demanda que cada especialista prevê sobre os valores obtidos pela previsão quantitativa.

As opiniões acerca da variação de demanda e coeficientes F de cada especialista são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Média entre palpites dos especialistas (otimista e pessimista) e somatório dos resultados (F).

	Espec. 1	Espec. 2	Espec. 3	Espec. 4	Espec. 5
Melhores matérias-primas	3%	5%	3%	2%	4%
Disponibilidade de armazéns	7%	6%	4%	4%	7%
Otimização da infraestrutura	7%	4%	5%	6%	5%
Negociação com prazo de retirada	6%	3%	2%	5%	6%
Soma (F)	23%	18%	14%	17%	22%

Fonte: Os autores

2.4.4. Ajuste Subjetivo

Nesta etapa, onde o ajuste subjetivo propriamente dito é realizado, faz-se necessário inicialmente conferir um peso ao palpite de cada especialista. Para tal, utilizou-se da função perda quadrática ou função perda de Taguchi. O método utiliza essa equação com o intuito de penalizar palpites que divergem de um valor meta. Foi utilizado como meta a média (M) entre os valores do coeficiente F dos cinco especialistas, portanto, 18,5%.

Desta forma, uma adaptação da função perda quadrática foi aplicada nos palpites através da Equação (14) resultando nos valores de L , erros quadráticos relativos aos coeficientes F . Em seguida, esses erros foram somados para então se calcular a porcentagem de erros quadráticos em cada palpite dos especialistas que são os valores de E . A Tabela 4, representa os valores de L e E :

Tabela 4: Obtenção dos valores L e a porcentagem de erros E .

	Coefficiente F	$L = (F - M)^2$	$E = \frac{L}{\sum L}$
Espec. 1	23%	0,0016	0,3299
Espec. 2	18%	0,0001	0,0206
Espec. 3	14%	0,0020	0,4175
Espec. 4	17%	0,0002	0,0464
Espec. 5	22%	0,0009	0,1856

Fonte: Os autores

Utilizando-se do coeficiente F , que representa a opinião de cada respondente quanto à variação da demanda nos próximos períodos, e do peso W' , que é obtido através da aplicação da Equação (15), e que confere um peso relativo ao palpite de cada especialista, obtém-se o índice de ajuste θ .

Tabela 5: Obtenção do índice θ através da multiplicação do coeficiente F pelo peso W .

	Coefficiente F	W'	$\theta = F \times W'$
Espec. 1	23%	0,1675	0,0310
Espec. 2	18%	0,2448	0,0453
Espec. 3	14%	0,1456	0,0269
Espec. 4	17%	0,2384	0,0441
Espec. 5	22%	0,2036	0,0377

Fonte: Os autores

A soma dos índices de ajustes θ de cada especialista resulta no índice de ajuste final Y .

$$\sum_{j=1}^5 \gamma = (0,0310) + (0,0453) + (0,0269) + (0,0441) + (0,0377)$$

$$\sum_{j=1}^5 \theta = 0,185$$

Por fim, utilizando-se do índice de ajuste consolidado Y é possível realizar o ajuste qualitativo da previsão de demanda gerada pelo modelo Holt-Winters Multiplicativo (conforme

Equação 16). Obtém-se então a previsão de demanda para os próximos seis períodos, como apresentado na Tabela 6.

Tabela 6: Comparação entre previsões puramente quantitativas e método proposto.

	Holt-Winters	Método proposto
Agosto-17	58210	68978
Setembro-17	54071	64074
Outubro-17	36323	43042
Novembro-17	13400	15879
Dezembro-17	8780	10404
Janeiro-18	7031	8332

Fonte: Os autores

2.4.5. Validação do Método

Após a análise dos dados obtidos nas etapas anteriores, é possível comparar as previsões puramente quantitativa (HWM), o modelo proposto, a previsão feita pela empresa estudada para os próximos meses e a demanda real apresentada para o período. As diferenças entre a previsão gerada pelo modelo aplicado atualmente e os outros métodos são facilmente perceptíveis. A Tabela 7 mostra os resultados.

Tabela 7: Comparativo entre previsão pelo método proposto, o HWM, o modelo aplicado pela empresa e demanda real obtida.

	Holt-Winters	Método proposto	Modelo aplicado	Demanda real
Agosto-17	58210	68978	85000	68896
Setembro-17	54071	64074	75000	59261
Outubro-17	36323	43042	60000	45135
Novembro-17	13400	15879	25000	19843
Dezembro-17	8780	10404	11000	5789
Janeiro-18	7031	8332	6000	8398

Fonte: Os autores

Apesar do estudo ser realizado para prever a demanda para os próximos 6 períodos, e considerando as crescentes incertezas quando se prevê demandas mais longínquas, os resultados obtidos demonstram que o método proposto apresenta melhores acurácias que os outros métodos de previsão avaliados. Esse fato por si só já demonstra a importância de se utilizar métodos científicos quando se trata de previsão de demanda. A Tabela 8 traz as comparações do MAPE entre os diferentes métodos em relação a demanda real apresentada nos meses seguintes.

Tabela 8: Comparativo entre MAPE do método proposto, HWM e modelo aplicado.

	Holt-Winters	Método proposto	Modelo aplicado
MAPE	24,03%	18,89%	37,90%

Fonte: Os autores

2.5. Conclusões

Esse artigo teve como objetivo principal a proposição de uma metodologia para previsão de demanda de embalagens de fertilizantes através da integração de métodos qualitativos e quantitativos de previsão. Tal abordagem é justificada pela inexistência de procedimentos formais para determinação de quantidades de embalagens a serem adquiridas para a demanda futura. A metodologia proposta apoia-se em de cinco etapas. Inicialmente, históricos de consumo de embalagens foram coletados e analisados para escolha de um tipo de *big bag* que apresentasse maior representatividade. A série temporal da embalagem escolhida foi modelada através de métodos quantitativos conhecidos na literatura. O método de suavização exponencial de *Holt-Winters* multiplicativo apresentou melhor capacidade preditiva baseando-se na média dos erros percentuais absolutos (MAPE).

Na parte qualitativa do método proposto, os especialistas consultados elencaram os fatores contextuais que poderão afetar a demanda para os próximos períodos; também mensuraram o quanto cada um desses fatores poderia influenciar na demanda. Os especialistas foram escolhidos por fazerem parte da equipe comercial e por conhecerem as regiões onde atuam, determinando com maior precisão as tendências regionais. Cada especialista teve um peso relacionado ao seu palpite que foi obtido através de uma adaptação da Função perda de Taguchi. O qual, penalizou palpites que se distanciaram da mediana das opiniões. O somatório dos palpites corrigidos resultou no coeficiente \bar{Y} que corrigiu as previsões quantitativas para os próximos seis períodos.

Com base nos resultados obtidos deste trabalho, percebeu-se que o método proposto de previsão de demanda é satisfatório para aplicação prática. É uma boa oportunidade para os gestores aumentarem a competitividade da empresa. Observou-se também, que os especialistas apresentam bons níveis de conhecimento a respeito de suas regiões e podem contribuir para os mais variados estudos. Como proposta para estudos futuros, sugere-se a construção de um relatório MRP para controle de estoque, programando assim as quantidades a serem solicitadas e os pontos em que a reposição deve acontecer.

2.6.Referências

ANDA, Indicadores. Disponível em: <http://www.anda.org.br/index.php?mpg=03.00.00&ver=por> Acesso em: 31 de janeiro de 2018.

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

ARMSTRONG, J. S. *Long-rang Forecasting*. 2 ed. New York: John Wiley & Sons, 1985.

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

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSELL, G. C. *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. *Prentice Hall*; New Jersey, 1994.

CARVALHO, L. *Indicadores de Desempenho Gerencial*. Apostila Projeto Gestão Empresarial e Qualidade, Porto Alegre, SENAI/FIERGS, 1995.

CONAB, Supersafra. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>> Acesso em: 02 de fevereiro 2019.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração de Produção e Operações: Manufatura e Serviços: Uma Abordagem Estratégica*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2012. 680p.

DAVIS, M. M.; AQUILANO, N. J.; CHASE, R. B. *Fundamentals of Operations Management*, 4 ed. Boston: *McGraw-Hill Irwin*, 2003.

ELSAYED, E. A.; BOUCHER, T. O. *Analysis and Control of Production Systems*. New Jersey: *Prentice Hall*, 1985.

FARIAS, O. O.; NETO, M. N.; NOGUEIRA, C. C. S *Estudo comparativo da aplicação de modelos clássicos de previsão de demanda no agronegócio*. *Organizações em Contexto*, Ano 2, n. 3, junho, 2006.

FLORES, B. E.; OLSON, D. L.; WOLF, C. *Judgmental Adjustment of Forecasts: A Comparison of Methods*. *International Journal of Forecasting*, v. 7, p. 421-433, 1992.

GOODWIN, P.; FILDES, R. Judgmental Forecasts of Time Series Affected by Special Events: Does Providing a Statistical Forecast Improve Accuracy? *Journal of Behavioral Decision Making*, v. 12, p. 37-59, 1999.

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.

HANKE, J. E.; REITSCH, A. G. *Business Forecasting*. *Eastern Washington University*, 1981.

KAHMANN, A.; FONTOURA, J. F. V.; PETTER, H.; CASSEL, R. A. *Comparação de métodos de previsão de demanda em uma montadora de veículos agrícolas*. Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa, 2013. Anais III CONBREPRO, 2013.

KERKKANEN, A.; KORPELA, J.; HUISKONEN, J. Demand forecasting errors in industrial context: Measurement and impacts. *Int. J. Production Economics*, v. 118, p. 43-48, 2009.

KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. *Administração de produção e operações*. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009. 615p.

- LEMOS, F. O. *Metodologia para Seleção de Métodos de Previsão de Demanda*. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção e Transportes. Porto Alegre – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2006.
- MAKRIDAKIS, S. Metaforecasting: Ways of Improving Forecasting Accuracy and Usefulness. *International Journal of Forecasting*, v. 4, n. 3, p. 467-491, 1988.
- MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S. C.; HYNDMAN, R. J. *Forecasting Methods and Applications*. 3 ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. *Administração da Produção*. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.
- MATHEWS, P.; DIAMANTOPOULOS, A. Managerial Intervention in Forecasting: An Empirical Investigation Manipulation. *International Journal of Research in Marketing*, v. 3, p. 3-10. 1986.
- MENTZER, J. T.; COX, Jr. J. E. Familiarity, Application, and Performance of Sales Forecasting Techniques. *Journal of Forecasting*. v. 3, n. 1, p. 27-36, 1984.
- MENTZER, J. T.; GOMES, R. Evaluating a Decision Support Forecasting System. *Industrial Marketing Management*. V. 18, n. 4, p. 313-323, 1989.
- MOON, M. A.; MENTZER, J. T.; SMITH, C. D. GARVER, M. S. Seven Keys to Better Forecasting. *Business Horizons*, p. 44-52, set-out, 1998.
- MOREIRA, D. *Administração da Produção e Operações*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.
- MORENO, J. J. M.; POL, A. P.; ABAD, A. S.; BLASCO, B. C.; Using the R-MAPE index as a resistant measure of forecast accuracy. *Psicothema*, v. 25, n. 4, p. 500-506, 2013.
- MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. M. C. *Análise de séries temporais*. São Paulo: Edgard Blücher, 2004. 535p.
- OLIVEIRA, A. M. B.; SOBRINHO, M. J. V. M. *Previsão do preço de venda da uva Itália e da manga Tommy produzidas no Vale do São Francisco via análise de séries temporais: um estudo de caso*. Cadernos do IME – Série estatística. v. 27, p. 29 -43, Rio de Janeiro, 2009.
- PELLEGRINI, F. R. *Metodologia para Implementação de Sistemas de Previsão de Demanda*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção e Transportes. Porto Alegre – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.
- PRATES, G.A. *Ecodesign Utilizando QFD, Métodos Taguchi e DFE*. Tese (Doutorado em Engenharia) – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. Florianópolis – Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.
- RITZMAN, L. P.; KRAJEWSKI, L. J. *Administração da Produção e Operações*. Tradução Roberto Galman. Revisão Técnica Carlos Eduardo Mariano da Silva. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2004.

- SANDERS, N. R.; RITZMAN, L. P. Judgmental Adjustment of Statistical Forecasts. In: ARMSTRONG, J. *Principles of Forecasting: a Handbook for Researchers and Practitioners*. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 3ed. São Paulo: Atlas, 2009. 703p.
- SONG, C.; BOULIER, B. L.; STEKLER, H. O. The Comparative Accuracy of Judgmental and Model Forecasts of American Football Games. *International Journal of Forecasting*, v. 23, p. 405-413, 2007.
- TAGUCHI, G. *Introduction to Quality Engineering: Designing Quality into Products and Processes*. ASI Press, 1986.
- TAGUCHI, G.; ELSAYED, E.A.; HSIANG, T. *Taguchi – Engenharia da Qualidade em Sistemas de Produção*. São Paulo: Mc Graw Hill, 1990.
- 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.
- TUBINO, D. F. *Manual de Planejamento e Controle da Produção*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2000.
- 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.
- WANKE, P.; JULIANELLI, L. *Previsão de Vendas: Processos Organizacionais & Métodos Quantitativos e Qualitativos*. São Paulo: Atlas. 2006.
- WEBBY, R.; O'CONNOR, M. Judgmental and Statistical Times Series Forecasting: A Review of Literature. *International Journal of Forecasting*, v.12, p. 91-118, 1996.
- WERNER, L.; ANZANELLO, M.; LEMOS, F.; ANZANELLO, R. *Estimativas de áreas de plantio de sementes baseadas em previsão de demanda e análise de fatores climáticos*. Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, Fortaleza, 2006.
- WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. Modelo Composto para Prever Demanda Através da Integração de Previsões. *Revista Produção*, v. 16, n. 3, p. 493-509, set-dez. 2006.
- WERNER, L.; RIBEIRO, J. L. D. Previsão de Demanda: Uma aplicação dos Modelos Box-Jenkins na Área de Assistência Técnica de Computadores Pessoais. *Revista Gestão & Produção*, v. 10, n. 1, p. 47-67, 2003.
- WOLF, C.; FLORES, B. Judgmental Adjustment of Earnings Forecasts. *International Journal of Forecasting*, v.9, p. 380-405, 1990.
- WRIGHT, J. T. C. *A Técnica Delphi: Uma Ferramenta Útil para o Planejamento do Brasil?* Anais, São Paulo: SPE – Sociedade Brasileira de Planejamento Empresarial, p. 199-207, 1986.
- YIN, R. K. *Estudo de Caso Planejamento e Método*. 3. ed. Porto Alegre: Brookman, 2003.

ZANELLA, C.; VIEIRA, V.; BARICHELLO, R. *Previsão de demanda: um estudo de caso em uma agroindústria de carnes do oeste catarinense*. GEPROS - Gestão da Produção, Operações e Sistemas, Bauru, 2016.

3. SEGUNDO ARTIGO: GESTÃO DE ESTOQUE DE EMBALAGENS DE FERTILIZANTE VIA SIMULAÇÃO DE MONTE CARLO

Resumo:

Os estoques possuem grande importância nas organizações servindo, dentre outros, para equilibrar a diferença entre a taxa de fornecimento e a demanda. O objetivo do presente artigo é propor uma sistemática para gerenciamento de estoque de embalagens em uma empresa misturadora de fertilizantes apoiada na simulação de Monte Carlo. Por meio de um estudo de caso foram levantados dados históricos de demanda de embalagens para realização do tratamento estatístico; levantaram-se também informações sobre a política adotada no controle de estoque deste item na empresa. Devido à presença de padrão sazonal nos perfis de demanda, foram desenvolvidas modelagens com dois padrões de demandas distintas. Através da simulação de Monte Carlo foram gerados cenários alternativos em um sistema de reposição, avaliando-se o impacto de diferentes variáveis de entrada com vistas à redução do custo total de estoque e manutenção do nível de serviço. Ao final, compararam-se os custos totais e nível de serviço entre o modelo proposto e o utilizado atualmente pela empresa; constatou-se que a metodologia proposta confere melhores resultados em termos de custo total de estoque mantendo os níveis de serviço praticados.

Palavras-chave: Gestão de estoques; distribuição de frequência; simulação de Monte Carlo.

3.1. Introdução

No Brasil, em meados dos anos 90, as empresas entendiam como limitados os benefícios oriundos do gerenciamento de estoques, especialmente devido à instabilidade econômica e inflação, as quais impulsionavam o estabelecimento de estoques especulativos (WANKE, 2003). Este cenário se modificou com a estabilização econômica advinda com o Plano Real e o controle da inflação. A partir de então, as empresas sentiram necessidade de investir em novos processos de gestão de custos visando a aumentar sua eficiência operacional, o que inevitavelmente afetou a percepção da importância acerca da aplicabilidade de políticas de gestão de estoque (FLEURY; WANKE; FIGUEIREDO, 2000).

A gestão de estoque se propõe a responder três perguntas-chave: quando pedir, quanto pedir e quanto manter em estoque de segurança (SILVA, 2009). Conforme afirma Wanke (2003), a gestão de estoque abrange um conjunto de decisões com intuito de coordenar, nas dimensões de espaço e tempo, a demanda existente com a oferta de produtos e materiais, de modo que sejam atingidos objetivos de custos e de nível de serviço especificados, observando-se as características do produto, da operação e da demanda. Borges *et al.* (2010) corroboram tal percepção, afirmando que a gestão de estoques é uma das atividades mais importantes em um

processo de manufatura. Um bom gerenciamento de estoques ajuda na redução dos valores monetários envolvidos no processo produtivo, de forma a mantê-los em patamares baixos, mas dentro dos níveis de segurança e dos volumes para atendimento da demanda. O autor ainda afirma que um dos principais motivos para se investir em planejamento de controle de estoques é o grande impacto financeiro que é possível alcançar através do aumento da eficiência das operações. Para Lima *et al.* (2015), a importância da gestão de estoques está na otimização do investimento, contribuindo com impacto positivo no giro do produto, aumentando a eficiência dos meios internos da empresa e diminuindo a necessidade de capital investido, resultando em um melhor equilíbrio entre a oferta e a demanda.

Em um contexto de crescente complexidade no gerenciamento de estoques, a utilização de simulações computacionais aparece como importante ferramenta para solução de problemas de várias naturezas. Tais simulações possibilitam a geração de cenários de forma concisa e acurada, permitindo assim avaliar e testar complexas interações de um sistema, estudando variações no ambiente de aplicação e verificando seus efeitos no sistema total (ANDRADE, 1989). A simulação de Monte Carlo é uma das técnicas de simulação utilizadas, a qual pode ser aplicada na gestão de estoques com vistas a verificar a eficiência de distintas políticas ao se variar, por exemplo, o tamanho de lote de reposição, ponto de reposição e *lead time* de recebimento.

Este artigo propõe uma sistemática para gerenciamento de estoque de embalagens em uma empresa misturadora de fertilizante apoiada em Simulação de Monte Carlo. Objetiva-se, com tal sistemática, reduzir o custo total da política de gestão sem prejuízo nos níveis de serviço requeridos no sistema; visa-se ainda, comparar tais resultados com a atual política de estoque desenvolvida na companhia, tomando como base 6 meses de demandas reais. Para tal, dados históricos de demanda são estatisticamente analisados e, a partir da distribuição definida, geram-se demandas aleatórias. Tais demandas são então modeladas através das políticas contínua e periódica de gestão de estoques, permitindo avaliar os impactos de distintos tamanhos de lote de reposição, pontos de reposição e *lead time* sobre os custos totais de estoque.

Além da presente introdução, o artigo é composto por um breve 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. Definições de estoques

Segundo Ballou (2006), estoques são conjuntos de matérias-primas, insumos, componentes, produtos em processo e produtos acabados que aparecem em numerosos pontos por todos os canais logísticos e de produção da empresa. Para Slack *et al.* (2009), estoque pode ser definido como o acúmulo de recursos materiais em um sistema de transformação. Borges *et al.* (2010) definem estoque como quaisquer quantidades de bens físicos que sejam conservados, de forma improdutiva, por algum intervalo de tempo; constituem estoques tanto os produtos acabados que aguardam venda ou despacho, quanto matérias-primas e componentes que aguardam utilização na produção. De acordo com Viana (2002), a principal finalidade dos estoques é evitar perdas de vendas por falta de produtos devido à interrupção da produção, além de servir como segurança para cenários em que se verificam oscilações na produção, quebra de máquinas, falta de funcionários e vendas imprevistas.

Conforme Corrêa e Corrêa (2008), existem quatro razões para o surgimento e manutenção dos estoques: (i) falta de coordenação entre as fases de um determinado processo, (ii) incerteza de previsões de suprimento ou de demanda, (iii) especulação para criação de valor e realização de lucro, e (iv) disponibilidade do canal de distribuição. Ballou (1993) cita algumas razões pelas quais estoques devem ser mantidos: melhora do nível de serviço oferecido através do aumento da disponibilidade dos produtos ou serviços; incentivo à produção equilibrando oferta e demanda; economia em escala de compra e transporte; proteção contra alteração nos preços; proteções contra oscilações na demanda ou no tempo de ressuprimento; e proteção contra contingência. Em contrapartida, Krajewski e Ritzman (2008) apresentam as desvantagens em se manter estoques elevados: custos de armazenamento e manuseio dos materiais, custos associados ao pagamento de seguros e taxas, deterioração e obsolescências dos materiais, e o principal deles, custo de oportunidade.

No que diz respeito à classificação de estoques, Filho e Fernandes (2010) propõem cinco tipos:

- **Estoques Cíclicos ou regulares:** têm a função de atender a demanda média durante o tempo decorrido entre dois abastecimentos consecutivos;

- **Estoques de Segurança:** têm a função de atender à demanda que excede um valor de demanda média, ou seja, gerado para proteger as operações contra incertezas na demanda, *lead time* de abastecimento e contingências do fornecimento;
- **Estoques em trânsito:** é o caso de estoques em processo de transporte em qualquer um dos modais de transportes (ou seja, rodoviário, ferroviário, marítimo e aéreo);
- **Estoques Sazonais ou por antecipação:** usado para absorver flutuações (taxas irregulares) na demanda ou fornecimento, por exemplo, na fabricação de aparelhos de ar condicionado;
- **Estoque Especulativo:** ocorre quando se adquire grandes estoques aproveitando-se de uma expectativa de aumento de preços.

Já Corrêa e Corrêa (2008), considerando a localização no processo de produção, classificam os estoques em quatro tipos: (i) estoques de matérias primas e componentes comprados, (ii) estoques de material em processo, (iii) estoques de produtos acabados, (iv) estoques de matérias para manutenção, reparo e operação.

A gestão de estoques, por sua vez, consiste no conjunto de atividades que visam, por meio de políticas de estoque apropriadas, ao total atendimento das necessidades da empresa através da máxima eficiência com menor custo possível (VIANA, 2002). É considerada como elemento fundamental para a redução e controle dos custos totais e melhoria do nível de serviço prestado pelas empresas (WANKE, 2003). Para Vendrame (2008), a gestão de estoques consiste no ato de gerir recursos ociosos possuidores de valor econômico e destinados ao suprimento das necessidades futuras de material numa organização.

Conforme Dias (2010), um gestor de estoque deve conciliar os objetivos dos departamentos de compra, financeiro, venda e produção, sem prejudicar a definição e a execução da política de estoques da empresa. Para Slack *et al.* (1999), no gerenciamento e planejamento de estoque, os gerentes de produção estão envolvidos em três principais tipos de decisão: quanto pedir, quando pedir, e como controlar o sistema. A decisão de quanto pedir diz respeito aos custos de manutenção e colocação de pedido. Já a decisão de quando pedir envolve a demanda, a necessidade do produto. Para controlar o sistema, refere-se as respostas para os seguintes questionamentos: quais procedimentos e rotinas devem ser implantados para ajudar a tomar essas decisões? Diferentes prioridades deveriam ser atribuídas a diferentes itens do estoque? Como a informação sobre o estoque deveria ser armazenada?

De acordo com Tubino (2004), para se definir a forma de aquisição de materiais, a fim de determinar quando devem ser feitos pedidos de compra de materiais e a quantidade a ser

adquirida, as organizações devem adotar certas regras. Segundo o autor, as empresas devem definir e implantar alguns parâmetros de ressurgimento de estoques, tais como: Estoque máximo ($E_{\text{máx}}$) e Estoque de segurança (E_s). Sabe-se que, devido à dificuldade de se balancear com precisão o custo de falta e o custo de excesso, 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 (GAITHER; FRAZIER, 2004).

De acordo com Lenard e Roy (1995), o controle de estoque é estudado desde 1913 com Harris ao propor a relação do lote econômico de compra (LEC). O LEC define a quantidade de pedido de ressurgimento que minimiza a soma do custo de manutenção de estoque e de emissão e colocação de pedido. Seu cálculo é baseado em cinco premissas (BALLOU, 2001): (i) a taxa de demanda é constante, (ii) não há restrições no tamanho do lote, (iii) os únicos custos relevantes são o custo de guarda do estoque e o custo fixo do pedido ou *set up* por lote, (iv) as decisões tomadas em relação a um item são independentes das decisões a serem tomadas para outros itens, e (v) não há incertezas quanto ao *lead time* ou quanto ao fornecimento. O LEC pode ser obtido pela equação (1) (SLACK *et al.*, 2009):

$$Q = \sqrt{\frac{2C_0D}{Ch}} \quad (1)$$

Onde

Q = Tamanho do lote,

C_0 = custo por pedido,

D = demanda do período, e

C_h = custo unitário de estocagem.

3.2.2. Políticas de revisão de estoques

Conforme Garcia *et al.* (2006), um aspecto importante na gestão de estoques é a definição de uma política de revisão do estoque adequada. Duas políticas de revisão são tipicamente trazidas pela literatura: (i) Revisão Contínua e (ii) Revisão Periódica.

3.2.2.1. Políticas de revisão contínua (Modelos Q)

Nos modelos de revisão contínua, os níveis de estoque são constantemente monitorados, verificando-se se, a cada saída de uma unidade do item, atingiu-se o momento de enviar um novo pedido (SILVER *et al.* 1998). São divididos em dois tipos, ponto de pedido – quantidade de pedido (s,Q) e ponto de pedido – estoque máximo (s,S).

No modelo (s,Q), uma quantidade (Q) é pedida toda vez que a posição de estoque atingir um nível (s) de unidades, chegando o pedido após o *lead time* de ressuprimento (LT) (GARCIA *et al.* 2006). Ele é caracterizado por pedidos com quantidades ou lotes de compra fixos, porém com intervalos variáveis de tempo entre pedidos. Nesse caso, o tamanho dos lotes (Q) pode ser definido através do lote econômico de compra; já o ponto de pedido (s) é determinado através da equação (2) (KRAJEWSKI e RITZMAN, 2008):

$$s = D \times LT + ES \quad (2)$$

onde D é a demanda média do período, LT é o *lead time* e ES é o estoque de segurança.

Por sua vez, o estoque de segurança 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. De acordo com Krajewski e Ritzman (2008), é determinado através da multiplicação do desvio padrão da demanda durante o *lead time* (σ_L) pelo inverso da distribuição cumulativa normal padrão do nível de serviço desejado (z), conforme equação (3):

$$ES = \sigma_L \times z \quad (3)$$

Quanto maior for o nível de serviço almejado, maior deverá ser o estoque de segurança, elevando o ponto de pedido e reduzindo a probabilidade de ocorrer ruptura de estoque.

No modelo (s,S), também conhecida como min-máx, toda vez que a posição do estoque atingir um ponto de pedido (s), um pedido é colocado para elevar a posição do estoque para (S) unidades (TADEU, 2010).

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.

3.2.2.2. Políticas de revisão periódica (Modelos P)

Nos modelos de revisão periódica, também conhecidos como Sistema de Pedido de Intervalo Fixo ou Sistema de Pedidos Periódico, é estabelecida uma quantidade máxima desejada de estoque (S) e a verificação de posição de estoque passa a ser feita a cada unidade (R) de tempo (SILVER *et al.*, 1998).

De acordo com Garcia *et al.* (2006), o sistema (R,S) é uma das políticas de revisão periódica mais utilizadas. Ele considera que a colocação de pedidos de ressuprimento é feita sempre ao término de cada verificação, ou seja, sabe-se com certeza que um pedido será feito

após um tempo determinado. Para definição do intervalo entre verificações (R), é possível utilizar-se do lote econômico de compra visando à diminuição de custos. Para determinação do nível de estoque máximo (S), utiliza-se a demanda média entre os intervalos de verificação e *lead time*, somados ao estoque de segurança (KRAJEWSKI e RITZMAN, 2008). Neste modelo, o cálculo do ES segue a Equação (4):

$$ES = \sigma_{P+L} \times z \quad (4)$$

onde σ_{P+L} é o desvio padrão durante intervalo de proteção e z é o inverso da distribuição cumulativa normal padrão do nível de serviço desejado. Nesse sistema o tamanho dos lotes de ressuprimento não é constante. Esta situação é bastante apropriada para mercadorias de alto valor unitário. São calculados pela subtração do valor de (S) pela posição de estoque nas verificações (GARCIA *et al.* 2006; TADEU, 2010).

Em situações onde a colocação de pedido tem um custo alto, pode não ser vantajoso gerar pedidos a cada verificação. Para tal, foi desenvolvida uma versão alterada do sistema (R,S), conhecido como (R,s,S). Nesse sistema, os níveis de estoque são revisados a cada (R) unidades de tempo, caso seja menor que o ponto de pedido (s), é gerada uma ordem de ressuprimento para elevar estoque até (S). Se na verificação do estoque seu nível estiver maior que (s), nada é feito (GARCIA *et al.* 2006).

Segundo Krajewski e Ritzman (2008), o Sistema de revisão periódica apresenta as seguintes vantagens: (i) não há necessidade de monitoramento constante do estoque, (ii) praticidade administrativa associadas a intervalos fixos de tempo, estabelecimento de rotina gerencial, padronização de frequência de expedição e recebimento, e (iii) vários itens podem ser pedidos em conjunto de um mesmo fornecedor, havendo a possibilidade de redução de custos.

3.2.3. 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 e/ou avaliar várias estratégias para operação do mesmo. Para Silveira (2013), a simulação é a estruturação de um modelo que visa representar uma operação ou situação do mundo real. Banks *et al.* (1996) afirmam que a simulação é uma representação da operação de um processo ou sistema real, em um dado período de tempo, que envolve a geração de uma história artificial desse sistema e a observação desta para fazer inferências relativas às características do processo real.

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 (AMANIFARD *et al.* 2011). É utilizada em problemas decisórios de várias naturezas, e é especialmente útil em situações que envolvem análise de riscos (LUSTOSA *et al.* 2004). De acordo com Krajewski e Ritzman (2002), a simulação não prescreve a solução ideal de um problema, mas permite comparar alternativas de solução. Segundo os autores, há duas vantagens de se utilizar simulação: é possível através dela conduzir experimentos sem interferir no sistema real, e há possibilidade de se obter propriedades do sistema em curto período de tempo quando comparado à simples observação do sistema real.

Dentre as técnicas de simulação disponíveis da literatura, destaca-se a Simulação de Monte Carlo. Ela foi desenvolvida nos Estados Unidos durante a segunda Guerra Mundial, cujo projeto consistia na simulação direta de problemas probabilísticos relacionados com a difusão aleatória das partículas de nêutrons quando submetidas a um processo de fissão nuclear. Posteriormente, o método ficou conhecido com Método de Monte Carlo inspirado no famoso cassino, cujo aspecto aleatório de suas roletas também está intimamente ligado ao método (LUSTOSA *et al.*, 2004).

Lustosa *et al.* (2004) afirmam que o Método de Monte Carlo consiste na geração de números aleatórios para atribuir valores às variáveis do sistema que se deseja investigar (tipicamente demanda, no caso de gestão de estoques). Segundo Saraiva *et al.* (2011), os números são obtidos através de artifícios aleatórios ou diretamente de softwares, através de funções específicas. A cada iteração o resultado é armazenado e, ao final de todas as repetições, a sequência de resultados gerados é transformada em uma distribuição de frequências que possibilita calcular estatísticas descritivas, como média, valor mínimo, valor máximo e desvio padrão. O executor da simulação também poderá projetar cenários futuros de operação do sistema em análise.

Para operacionalização do método, Shamblin e Stevens (1994) propuseram os seguintes passos:

- Definir as variáveis envolvidas no sistema em análise com base em dados passados ou em estimativas subjetivas dos administradores;
- Construir as distribuições de frequência (absoluta, relativa e acumulada) para cada uma das variáveis definidas;
- Definir, para cada variável considerada, os intervalos de incidência dos números aleatórios, com base nas distribuições de frequência acumuladas projetadas;

- Gerar números aleatórios;
- Incidir números aleatórios gerados nos intervalos de classe de cada variável;
- Simular experimentos.

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. Em termos práticos, os resultados obtidos para uma variável aleatória não devem influenciar, ou serem influenciados, pelos resultados de outras variáveis aleatórias.

A aplicação deste método nas empresas é comum em problemas de diversas áreas. Soares (2006), Malleta (2005) e Sartori *et al.* (2006) utilizaram o método para gerenciamento e análise de riscos; por sua vez, Nonenmacher e Anzanello (2016), aplicaram-no para comparação de políticas de gestão de estoque; Rosário *et al.* (2015) utilizaram o método no intuito de reduzir filas de espera; Plizzari (2017) aplicou-o em políticas de substituição de máquinas e equipamentos; e Sanches *et al.* (2007) aplicou-o no dimensionamento determinístico de Kanbans. No ramo agrícola o método também tem ampla utilização, Mendes *et al.* (2010) aplicaram o método em análise de viabilidade em projetos de investimentos de longo prazo na atividade agrícola de silvicultura; já Cardoso (2016), aplicou-o na avaliação e comparação de diferentes probabilidades de ocorrência de lucros para produtores de trigo; Santos e Campos (2000), usaram a Simulação de Monte Carlo 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.

No que concerne este trabalho, o método de Monte Carlo consistirá na geração de demandas aleatórias com base na distribuição estatística da demanda histórica, a fim de simular uma política de gestão de estoques buscando diminuir seu custo total.

3.3. Procedimentos Metodológicos

De acordo com Gil (1999), a pesquisa é um processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. Seu principal objetivo é descobrir respostas para problemas empregando procedimentos científicos. Para tal, o primeiro passo para sua realização é o planejamento, escolhendo o problema a ser tratado e a abordagem a ser conduzida.

Quanto ao método de pesquisa, esse estudo pode ser classificado como de natureza aplicada, pois propõe resolver um problema de ordem prática no contexto de gestão de estoques. Apresenta abordagem quantitativa, gerando e discutindo resultados baseados na exploração de

cálculos numéricos e técnicas estatísticas. O estudo tem objetivo explicativo; quanto aos procedimentos, classifica-se como estudo de caso (YIN, 2003).

A metodologia proposta neste trabalho constitui-se de três etapas: (i) Coleta e análise dos dados; (ii); Desenvolvimento da modelagem; e (iii) Simulação de cenários alternativos e análise dos resultados obtidos. Tais etapas são agora detalhadas.

3.3.1. Coleta e Análise dos Dados

No que diz respeito à coleta e análise dos dados, inicialmente realizou-se um levantamento da demanda histórica para todos os tipos de embalagens utilizadas na empresa em análise. Buscou-se, com o auxílio de especialistas de processo, identificar as embalagens de maior demanda e com maior representatividade financeira, as quais justificariam ter seus níveis de estoques gerenciados. É também nesta etapa que se define o período de dados de demanda a serem coletados/analísados, a fim de identificar as distribuições estatísticas que melhor descrevem os dados. Com base na opinião de especialistas, coletaram-se as demandas diárias dos produtos com as três maiores demandas mensais dos últimos 5 anos.

Nesta etapa também foram levantados dados para compor os parâmetros de entrada da modelagem relativa à gestão dos estoques, tais como *lead time* dos pedidos de compra efetuados, custos de reposição, custos de guarda e custo de escassez. Para tanto, foram utilizados os bancos de informações disponíveis na empresa analisada.

3.3.2. Desenvolvimento da Modelagem

Nesta etapa, os dados de demanda anteriormente coletados foram organizados em planilha eletrônica e descritivamente analisados, obtendo assim informações como média da demanda no período, desvio padrão no período e amplitude. Utilizou-se o coeficiente de variação para identificar presença de possíveis dados espúrios na amostra. Em seguida, foi efetuado um tratamento estatístico da amostra a fim de definir a distribuição de frequência relativa das demandas dos produtos selecionados. Para verificar a correta aderência dos dados às distribuições candidatas, foi utilizado o teste Qui-quadrado.

A fim de propor um método que possa ser efetivamente utilizado pela empresa estudada sem a necessidade de mudanças substanciais na política de gestão de estoque já adotada, escolheu-se a política periódica de revisão de estoque. As variáveis a serem definidas para essa política são o intervalo de verificação (R) e o nível desejado de estoque (S). Porém, no intuito de evitar pedidos fracionados (e seguindo a estratégia utilizada atualmente) definiu-se o modelo

(R,s,S), pelo qual pedidos de ressurgimento são disparados apenas quando o nível de estoque for menor que o ponto de pedido (s).

As verificações de estoques ocorrem predominantemente nas segundas-feiras; portanto, tendo em vista que não há produção aos domingos, manteve-se o (R) já utilizado de 6 dias. O nível desejado de estoque (S) foi obtido através multiplicação da demanda média diária pela soma do *lead time* médio com o intervalo de verificação. O valor resultante ainda é somado ao estoque de segurança para proteger o sistema das flutuações de demanda. Para a definição do estoque de segurança, utilizou-se a Equação (4) considerando o nível de serviço definido pela própria empresa de 99,99%. O *lead time* de recebimento refere-se à média das últimas compras realizadas. O ponto de pedido (s) considerado para compor os parâmetros de entrada foi obtido através da Equação (5). Em termos práticos, sua concepção está atrelada ao LEC para melhor compreensão e para que seus valores sejam alterados em situações de diferentes padrões de demanda. Utilizou-se a metade do valor desta variável na subtração pelo nível desejado de estoque para antecipar o ponto de pedido e reduzir as possibilidades de ruptura de estoque.

$$s = S - \frac{LEC}{2} \quad (5)$$

O Lote Econômico de Compra (LEC) foi preliminarmente calculado através da Equação (1), servindo apenas como parâmetro para escolha do tamanho de lote por capacidade de carga do veículo transportador. O LEC foi obtido utilizando os seguintes dados: custo unitário de estocagem (C_h) ou custo para se armazenar uma unidade do item durante um dia, custo de colocação de um pedido (C_o) e demanda média diária do período (D). Para compor o custo de unitário de estocagem foram levantados custos com segurança patrimonial, seguro, custo com energia elétrica, manutenção, aluguel de depósito e custo de oportunidade do bem estocado. A soma desses custos divididos pela capacidade de armazenagem para o tipo de embalagem escolhida resultou no custo unitário de estocagem.

Para a geração da Simulação de Monte Carlo do sistema de estoque, inicialmente elabora-se uma planilha eletrônica com as seguintes colunas: períodos de movimentação que equivalem aos dias úteis, demanda aleatória com base na distribuição de frequência analisada, pedidos efetuados, pedidos entregues, nível de estoque considerando estoque em trânsito, nível de estoque físico no início do período, custo de estoque e custo de escassez. Com tal planilha objetiva-se simular demandas que abastecem um sistema de gestão de estoques podendo, ao final, avaliar o custo total da política de estoque simulada e nível de serviço obtido. A fim de obter uma média que incorpora diversas situações, foram utilizadas dez mil iterações.

Os parâmetros que abastecem a planilha citada, foram relacionados em uma tabela para que as funções matemáticas do Excel possam utilizar esses valores, bem como, se possível testar diferentes cenários com diferentes valores para *lead time*, ponto de reposição e tamanho de lote. A Figura 4 ilustra o arranjo da planilha utilizada na simulação.

Dias	Estoque físico inicial	Estoque em trânsito	Demanda aleatória	Pedidos feitos	Pedidos entregues	Custo de estoque	Custo de falta
1	20.000	0	2.000	10.000	-	R\$ 200,00	-
2	18.000	28.000	3.000	-	-	R\$ 180,00	-
3	15.000	25.000	4.000	-	10.000	R\$ 150,00	-
4	21.000	21.000	2.500	-	-	R\$ 210,00	-
:	:	:	:	:	:	:	:

Figura 4: Arranjo da planilha de simulação.

Fonte: Os autores

3.3.3. Simulação de Cenários Alternativos e Análise dos Resultados Obtidos

Após a elaboração da planilha, foram geradas simulações de cenários alternativos com o objetivo de analisar possíveis mudanças de níveis de serviço e custo total da política de estoque (variáveis de saída) decorrentes de alterações no *lead time* e ponto de pedido (variáveis de entrada neste estudo). Tais simulações visam comparar a eficiência de cada alternativa.

Em seguida, utilizando-se os melhores cenários alternativos obtidos, propôs-se à empresa estudada uma política de gestão de estoque personalizada. De tal forma, os dados obtidos na simulação foram analisados a fim de avaliar seus resultados sobre a política de estoque. Também foi possível avaliar a eficiência da sistemática para gerenciamento de estoque de embalagens proposta em termos de custo total e compará-la com a abordagem atualmente utilizada pela companhia estudada. Por fim, foi possível sugerir melhorias ao processo em termos dos parâmetros que dizem respeito à gestão de estoques.

3.4. Estudo de Caso

O estudo foi desenvolvido em uma empresa misturadora de fertilizantes minerais situada em Rondonópolis - Mato Grosso. No mercado onde atua, posiciona-se entre as três maiores em termos de quantidade comercializada, sendo a maior entre as empresas nacionais. Pelas peculiaridades de clima e das culturas produzidas no estado, a demanda que a empresa é

submetida possui padrões sazonais com grandes variações, verificando-se alta demanda nos meses de maio a outubro, com declínio na produção nos meses de novembro a abril.

A política de gestão de estoques de embalagens atualmente utilizada pela empresa consiste em adquirir embalagens para atender a carteira de pedidos de fertilizantes dos próximos 3 a 4 meses, ou em alguns casos, atender à previsão de demanda esperada para esse horizonte de tempo. As entregas dos pedidos efetuados são feitas conforme capacidade produtiva do fornecedor e espaço disponível nos depósitos da empresa. Semanalmente, o responsável pelo estoque de embalagens informa ao setor de suprimentos a posição de estoque. Havendo espaço para recebimento de uma carga fechada, e considerando que o estoque não seja suficiente para atender a demanda dos próximos meses, solicita-se a entrega de um lote.

O desenvolvimento do trabalho no setor de embalagens da empresa é justificado pela inexistência de um modelo estruturado de gestão de estoques, causando dificuldades na organização da produção. Percebe-se, em alguns casos, a ocorrência de estoques excessivos de alguns tipos e falta de espaço para depósitos de outros, sendo necessário, muitas vezes, estocar embalagens em locais inapropriados. Há frequente necessidade de armazenamento em corredores, o que dificulta a realização do escalonamento de estoques.

3.4.1. Coleta e Análise dos Dados

A empresa dispõe de quatro modelos de embalagens para envase de seus produtos. Para definição daqueles que terão seus estoques gerenciados, inicialmente levantaram-se dados históricos de demanda de todos os tipos disponíveis. Dentre os dados obtidos, foram selecionados apenas as demandas a partir de agosto de 2012. Essa decisão foi tomada devido ao início de operações em uma ampliação fabril que duplicou a capacidade de expedição da empresa a partir desta data. Através do levantamento realizado e exposto na Tabela 9, evidenciou-se que a embalagem de big bag tipo *one way* possui demanda superior às demais, representando 80 % do total de embalagens utilizadas pela companhia

Tabela 9: Demanda anual histórica de embalagens (em unidades)

	Big bag <i>one way</i> (0,9 x 0,9 x 1,2)	Big bag <i>one way</i> "G" (0,99 x 0,99x 1,3)	Big bag <i>Liner</i> (0,9 x 0,9 x 1,3)	Big bag <i>Liner</i> "G" (0,99 x 0,99 x 1,3)
2012 (Ago - Dez)	188.907	0	20.635	16.232
2013 (Jan - Dez)	397.955	0	67.035	35.304
2014 (Jan - Dez)	418.721	0	51.437	39.650
2015 (Jan - Dez)	428.638	13.709	65.444	21.417
2016 (Jan - Dez)	470.417	27.904	48.821	38.886
2017 (Jan - Jul)	130.388	15.692	18.201	35.423
Total	2.035.026	57.305	271.573	186.912

Fonte: Os autores

A análise da demanda histórica das embalagens tipo *one way* evidenciou a existência de um padrão sazonal. Após a geração do gráfico de perfil de demanda representado pela Figura 5, notou-se que há períodos de pico nos meses de maio a outubro, seguidos de baixa demanda nos meses de novembro a abril. Por este motivo, e a fim de aumentar a acurácia do método, optou-se por desenvolver duas modelagens distintas segmentando diferentes padrões de demanda. Uma considerando meses de alta demanda e outra considerando meses com baixos níveis de demanda, denominados respectivamente de safra e safrinha.

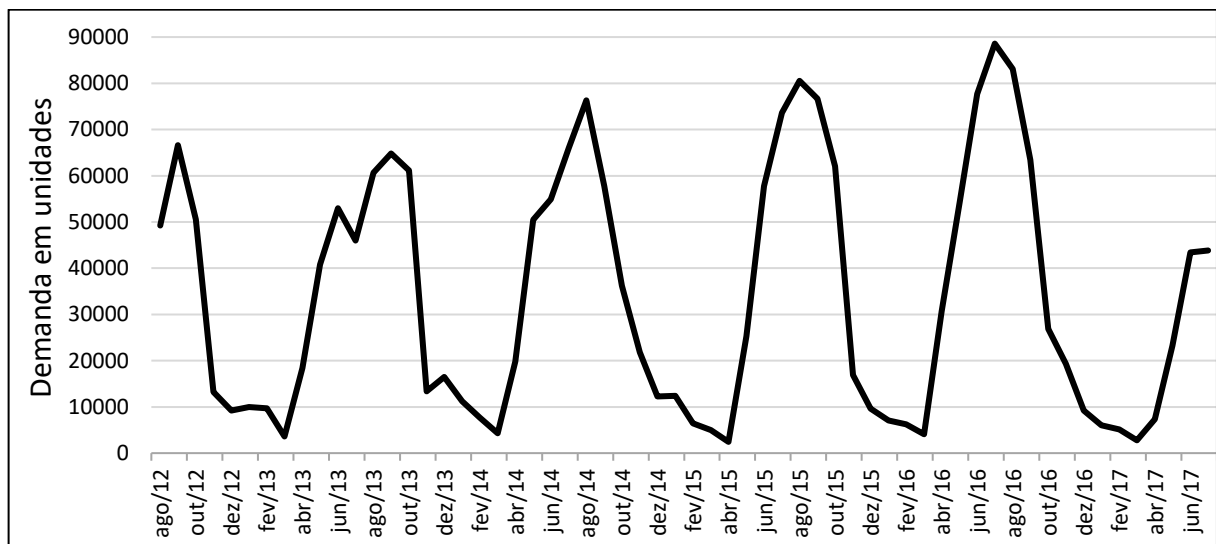


Figura 5: Gráfico da demanda histórica do item selecionado

Fonte: Os autores

As modelagens visam representar as variações das demandas para identificar corretamente as distribuições estatísticas que melhor descrevem os dados. Para obter uma modelagem acurada optou-se por utilizar 90 dias de consumo de embalagens. A fim de garantir que os dados representem as variações reais, optou-se por modelar as demandas dos três meses

de maior consumo em sequência. Portanto, foram utilizados os dados diários de demanda dos meses de julho, agosto e setembro de 2016 para modelagem dos meses de pico e, para os meses de baixa, as demandas de novembro e dezembro de 2014 juntamente com janeiro de 2015.

Também foram levantados dados associados aos custos de estoque, os quais dizem respeito à guarda, escassez e reposição das embalagens. O custo unitário de estoque foi calculado considerando o custo total de guarda, dividido pelo número total de embalagens possíveis de serem armazenadas. Os custos de vigilância, energia elétrica, água e manutenção foram obtidos considerando o valor proporcional entre a área total da empresa e a área de depósito de embalagens. Já o seguro é relativo especificamente ao depósito de embalagens, proporcional ao espaço que o *big bag one way* ocupa. Mesmo a empresa dispondo de armazém próprio para armazenamento, foi utilizado um valor de aluguel de referência. Para o custo de oportunidade, o mais alto dentre os outros citados, considerou-se a taxa mínima de atratividade (TMA) de 10% a.a. Deste modo, verifica-se que o custo unitário de estoque (C_h) é de R\$ 0,004/unidade/dia.

O custo de escassez de uma embalagem foi obtido através da margem de contribuição unitária do fertilizante, o qual deixa de ser produzido em uma eventual falta de embalagem em estoque. O valor utilizado foi estimado em R\$ 50,00 visto que a empresa escolheu não revelar tal informação.

O custo de reposição utilizado foi de R\$ 14,50/unidade. Refere-se a média dos preços obtidos dos últimos pedidos de compra realizados, os quais são transportados em cargas fechadas para diminuir o custo unitário de frete. Tal afirmação é importante, uma vez que geralmente as cargas são entregues em caminhões tipo carreta com capacidade para 12.500 unidades ou caminhões tipo truck com capacidade para 5.500 embalagens. Pedidos com cargas fracionadas possuem custo superior por embalagem e, portanto, são evitados.

O *lead time* de recebimento dos pedidos é estocástico, com baixa variabilidade, e com prazos maiores nos meses de maior demanda. Desta forma, a fim de mitigar as evidentes variações, utilizou-se LT de 13 dias para pedidos realizados nos meses de maio a outubro e 10 dias para pedidos realizados entre novembro e abril.

3.4.2. Desenvolvimento da Modelagem

Os dados históricos de demanda dos dois períodos analisados foram inicialmente avaliados através de uma análise descritiva (Tabela 10).

Tabela 10: Dados sobre as demandas históricas diárias a serem modeladas

	Julho-agosto-setembro 2016	Novembro-dezembro-janeiro 2014/2015
Média	3.014	683
Desvio padrão	824	266
Máximo	4.360	1.341
Mínimo	510	87
Amplitude	3.850	1.254
Número de observações	78	68
Coefficiente de variação	0,27	0,39

Fonte: Os autores

Baseando-se nos dados levantados foram elaboradas as distribuições de frequência. Através da raiz quadrada do número de observações, foram obtidos os números de classes referentes aos dois períodos. Os intervalos foram calculados pela divisão da amplitude pelo número de classes. Desta forma, as variações das classes são obtidas iniciando-se da primeira classe, onde o número inicial é o mínimo dentre o conjunto de dados, e seu limite superior, é mínimo acrescido pelo intervalo. A segunda classe inicia-se a partir do limite máximo da primeira classe e seu máximo é obtido com a soma deste ao intervalo. As demais classes seguem a mesma lógica. Alocando cada um dos dados de demandas dentre as classes é possível obter a frequência simples ou frequência observada.

As Figuras 6 e 7 representam as funções de densidade de probabilidade para as demandas dos dois períodos. Ambas sugerem que a distribuição normal adere satisfatoriamente aos dados observados. Para conferência da aderência da distribuição de frequência considerou-se o intervalo de confiança com nível de significância de 5% e grau de liberdade de 7 para safra e 6 para safrinha. Esses dados possibilitaram a obtenção do Q- crítico através da função INV. QUIQUA. Em ambos os casos afirma-se que o Q-crítico é maior que o Q-teste, ou seja, a distribuição normal é adequada para descrever o padrão das demandas verificadas para safra e safrinha. Portanto, passou-se a utilizar-se da função DIST. NORM do Excel para obtenção das demandas aleatórias, que representam o comportamento do mercado na busca pelas embalagens. As Tabelas 11 e 12 demonstram os testes realizados.

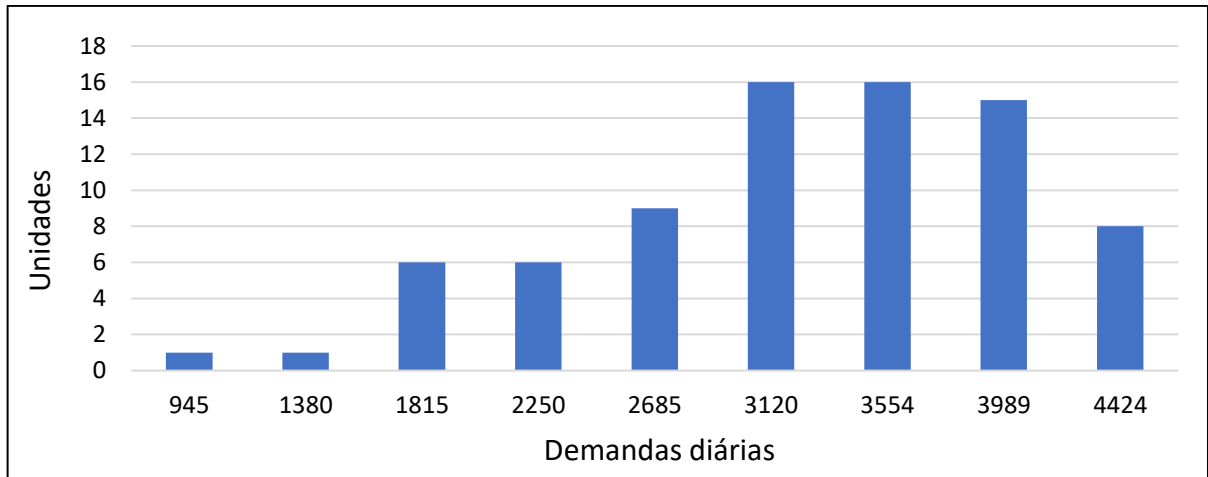


Figura 6: Frequência Simples da safrá
Fonte: Os autores

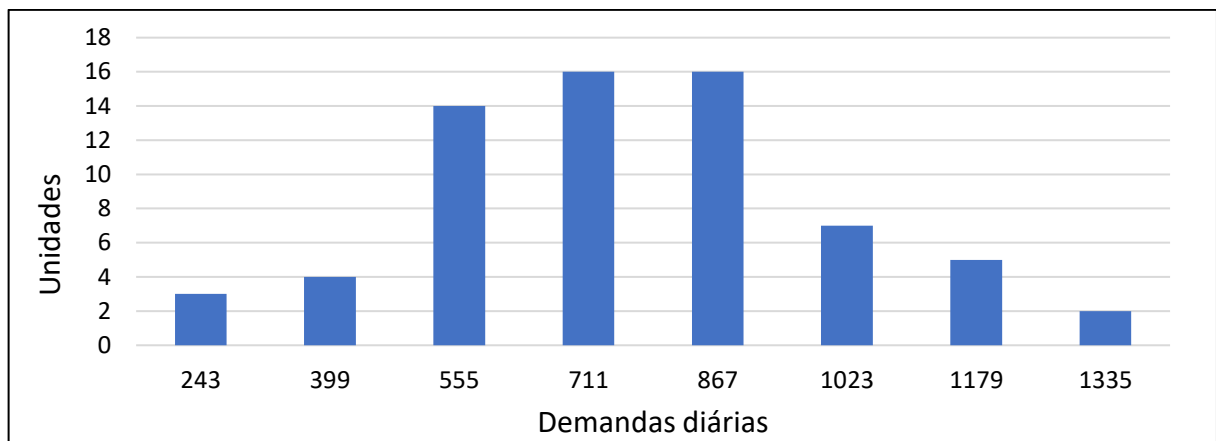


Figura 7: Frequência Simples da safrinha
Fonte: Os autores

Tabela 11: Teste de aderência para demandas de safrá

Classes	Limites		Frequências			Qui-quadrado (O-T) ² /T
	Inferior	Superior	Observada (O)	Normal	Teórica	
1	510	945	1	0,00	0,38	1,03
2	946	1.380	1	0,02	1,37	0,10
3	1.381	1.815	6	0,05	3,82	1,24
4	1.816	2.250	6	0,10	8,10	0,54
5	2.251	2.685	9	0,17	13,07	1,27
6	2.686	3.120	16	0,21	16,06	0,00
7	3.121	3.554	16	0,19	15,03	0,06
8	3.555	3.989	15	0,	10,71	1,72
9	3.990	4.424	8	0,07	5,81	0,82
SOMA			78		Q-teste =	6,79

Fonte: Os autores

Tabela 12: Teste de aderência para demandas de safrinha

Classes	Limites		Frequências			Qui-quadrado (O-T) ² /T
	Inferior	Superior	Observada (O)	Normal	Teórica	
1	87	243	3	0,04	2,44	0,13
2	244	399	4	0,09	6,25	0,81
3	400	555	14	0,17	11,49	0,55
4	556	711	16	0,23	15,11	0,05
5	712	867	16	0,21	14,22	0,22
6	868	1.023	7	0,14	9,57	0,69
7	1.024	1.179	5	0,07	4,61	0,03
8	1.180	1.335	2	0,02	1,59	0,11
SOMA			67		Q-teste =	2,59

Fonte: Os autores

Por recomendação da própria empresa e para que o estudo realizado tenha a possibilidade de ser implantado de forma que as rotinas comuns sejam mantidas, a política de revisões de estoque periódicas foi escolhida. Desta forma, manteve-se também o intervalo de verificação (R) nos moldes atuais, ou seja, a cada 6 dias. A política de suprimento adotada foi a (R,s,S); tal escolha é justificada pelo alto custo na aquisição de pedidos fracionados de embalagens. Portanto, houve também a necessidade em se calcular o nível desejado de estoque (S) e o ponto de pedido (s).

Utilizando-se da premissa de que há dois padrões distintos de demandas, foram desenvolvidas duas modelagens (safra e safrinha). Para determinação dos níveis desejados de estoque utilizou-se as demandas médias entre os intervalos de verificação e *lead times*, somados aos estoques de segurança (ES). Para cálculo do ES, utilizou-se da Equação (4) considerando um nível de serviço desejado de 99,99% para os dois padrões de demanda apresentados. Com base em tal relação, os valores de ES resultantes foram de 15.160 embalagens para períodos de safra e 4.565 para períodos de safrinha. Considerando as duas épocas, os valores de (S) foram respectivamente de 71.272 e 15.648 embalagens.

Visando minimizar os custos totais de estoque através da adequação dos pedidos a serem realizados com a capacidade de carga por tipo de veículos transportadores fez-se o uso do Lote Econômico de Compra (LEC). Devido à diferença dos padrões de demanda, definiram-se dois LEC. O tamanho do lote foi calculado através da Equação (1) considerando-se as seguintes variáveis: custo por pedido (C_0) estimado em R\$ 65,00; demanda média no período de safra (maio a outubro) de 3014 unidades e na safrinha (novembro a abril) de 683 unidades; custo

unitário de estocagem (C_h) no valor R\$ 0,004/unidade/dia. Os valores do LEC obtidos foram de 11.523 unidades para pedidos em épocas de safra e 5.485 unidades para safrinha, portanto, levando-se em consideração a viabilidade de se adquirir cargas fechadas de embalagens, a modelagem foi proposta com LEC de 12.500 e 5.500 respectivamente.

Os pontos de pedido (s) foram obtidos através da Equação (5), indicando a necessidade de novos pedidos de compra quando a posição de estoque for inferior a 65.022 para períodos de safra e 12.898 para safrinha.

Na sequência, foram elaboradas planilhas eletrônicas para execução das modelagens dos diferentes padrões de demandas. Para assegurar estabilidade dos resultados, foram feitas simulações considerando 10.000 dias de demanda.

Os dados iniciais de estoques foram definidos de modo que logo no início da simulação haja pedidos de compra. Tais pedidos são emitidos quando os níveis de estoque somados ao volume em trânsito (estoque físico somados aos pedidos feitos, porém não recebidos) sejam inferiores ao ponto de pedido específico. As entregas dos pedidos são feitas após o *lead time* de cada período. Os custos de estoque foram obtidos pelo produto entre o custo unitário de guarda pela posição de estoque físico. Já o custo de escassez tem origem da multiplicação do custo unitário de escassez pelo número negativo de estoque (quando houver). Ao final de cada simulação tem-se o custo total de cada um, e a soma desses conduz ao custo total da política simulada. Em ambos os casos, o nível de serviço alcançado manteve-se dentro dos padrões almejados pela empresa. As Tabelas 13 e 14, referem-se às simulações dos dois períodos analisados.

Tabela 13: Exemplo da simulação do período de safra (maio-outubro)

Dias	Estoque físico inicial	Estoque em trânsito	Demanda aleatória	Pedidos feitos	Pedidos entregues	Custo de estoque	Custo de falta
1	65000	65000	2033	12500	-	R\$ 277,28	-
2	62967	75467	3772	-	-	R\$ 260,67	-
3	59195	71695	2033	-	-	R\$ 251,72	-

Fonte: Os autores

Tabela 14: Exemplo da simulação do período de safrinha (novembro-abril)

Dias	Estoque físico inicial	Estoque em trânsito	Demanda aleatória	Pedidos feitos	Pedidos entregues	Custo de estoque	Custo de falta
1	12800	12800	790	5500	-	R\$ 52,89	-
2	12011	17511	946	-	-	R\$ 48,73	-
3	11065	16565	790	-	-	R\$ 45,25	-

Fonte: Os autores

Segundo avaliação dos especialistas de processo, as simulações realizadas conseguiram representar de forma fiel as variações do processo tanto nos períodos de níveis maiores de demanda quanto nos menores níveis de demanda. As variáveis aleatórias mantiveram os padrões desejados, as quais conferiram um desempenho satisfatório para simulação. Ao final das 10.000 iterações, os custos médios diários de estoque (custo de guarda mais custo de falta) foram de R\$ 98,21 para safra e R\$ 32,02 para safrinha, os custos totais das políticas simuladas foram de R\$ 978.030,35 para safra e R\$ 305.368,04 para safrinha. Os níveis de estoque para safra chegaram a um máximo de 61228 unidades e um mínimo de -563 (falta de embalagem). Na safrinha o maior estoque foi de 13576 unidades e a mínima foi de -76. Por fim, ambos apresentando 99,99 % de nível de serviço. Tais resultados validam a modelagem proposta e permitem o teste de cenários alternativos.

3.4.3. Simulação de Cenários Alternativos e Análise dos Resultados Obtidos

A fim de avaliar cenários alternativos de operação do sistema em questão, foram variados os parâmetros de entrada *lead time* e ponto de pedido. Em ambos os casos, evidenciou-se que o ponto de pedido proposto pelo método apresenta bons resultados quanto ao custo total da política de estoque e ao nível de serviço almejado pela empresa. No entanto, a diminuição do *lead time* de entrega dos pedidos possibilita redução adicional do ponto de pedido, fator esse que contribui para a diminuição do custo total da política de estoque mediante manutenção dos níveis de serviços pretendidos. As Tabelas 15 e 16 apresentam os cenários testados e as variações obtidas referentes aos custos totais e níveis de serviço para a Safra e Safrinha.

Tabela 15: Cenários com variações de parâmetros de entrada - Safra

Lead time	Ponto de pedido (s)	Custo total da	Nível de serviço
13	70.000	R\$ 1.179.327,00	100,00%
13	66.000	R\$ 1.012.140,00	100,00%
13	65.022	R\$ 991.698,00	99,99%
13	64.000	R\$ 1.081.820,00	99,98%
13	60.000	R\$ 4.196.151,00	99,52%
10	60.000	R\$ 1.134.465,00	100,00%
10	56.000	R\$ 972.019,00	99,99%
10	55.000	R\$ 941.831,00	99,99%
10	54.000	R\$ 983.057,00	99,98%
8	55.000	R\$ 1.198.183,00	100,00%
8	50.000	R\$ 955.282,00	100,00%
8	48.000	R\$ 927.457,00	99,98%
8	47.000	R\$ 1.126.967,00	99,94%

Fonte: Os autores

Tabela 16: Cenários com variações de parâmetros de entrada - Safrinha

Lead time	Ponto de pedido (s)	Custo total da	Nível de serviço
10	15.000	R\$ 380.802,00	100,00%
10	14.000	R\$ 338.275,00	100,00%
10	12.898	R\$ 321.828,00	99,99%
10	12.000	R\$ 514.245,00	99,78%
10	11.000	R\$ 3.853.676,00	98,87%
8	14.000	R\$ 393.617,00	100,00%
8	12.898	R\$ 348.291,00	100,00%
8	12.000	R\$ 305.608,00	99,99%
8	11.000	R\$ 449.076,00	99,94%
6	12.898	R\$ 407.184,00	100,00%
6	11.000	R\$ 321.417,00	100,00%
6	10.000	R\$ 289.599,00	99,99%
6	9.000	R\$ 566.316,00	99,77%

Fonte: Os autores

Através da análise crítica dos dados expostos nas tabelas anteriores, e considerando as variáveis vivenciadas no contexto da empresa e de seus fornecedores, é possível afirmar que para períodos de safra o melhor cenário é obtido ao se utilizar o ponto de reposição em 55.000

embalagens considerando o *lead time* de 10 dias. Já para safrinha, um ponto de reposição estimado em 12.000 big bags com *lead time* de entrega de 8 dias representa a melhor alternativa. Tais afirmações são justificadas por ambos considerarem *lead times* factíveis do ponto de vista logístico e por apresentarem os menores custos totais de política de estoque possíveis de serem alcançados em suas respectivas épocas. Apesar de os cenários expostos contemplarem situações com *lead time* de 8 dias para períodos de safra e de 6 dias para safrinha, sabe-se que na realidade atual tais variáveis não devem ser consideradas devido à dificuldade em se conseguir tamanha redução de tempo de entrega. No entanto, em uma circunstância de negociação com fornecedores a realidade pode ser alterada.

Com base nos resultados gerados pelas simulações anteriores, foi possível propor à empresa uma política de estoque personalizada para os próximos seis meses (agosto 2017 a janeiro de 2018). Para tal, uma nova simulação foi gerada, desta vez, projetando a demanda levando em consideração as mudanças nos padrões relativos as determinadas épocas. Nesta simulação, a posição de estoque inicial para 01/08/2017 foi a quantidade exata de big bag *one way* presente nos depósitos da empresa nesta data. As demandas aleatórias geradas foram consideradas com o padrão de safra até 31/10/2017, mudando para padrão safrinha de 01/11/2017 a 31/01/18, quando se encerra a projeção. Os parâmetros de entrada tamanhos dos lotes, pontos de reposição e *lead time* de recebimentos seguiram a mesma lógica, ou seja, foram os mesmos valores calculados na seção anterior para período de safra até o término de outubro (pedidos de compra de 12.500 embalagens, reposição em 65.022 unidades e LT de 13 dias); e período de safrinha a partir do início de novembro até 31/01/2018 (pedidos de compra de 5.500 embalagens, reposição em 12.898 unidades e LT de 10 dias).

A simulação da política de estoque personalizada evidenciou que os níveis de estoque foram reduzidos satisfatoriamente quando se utiliza a abordagem proposta. A Figura 8 traz comparação entre os níveis de estoque obtidos com a utilização do método proposto e os níveis de estoque reais mantidos nos depósitos da empresa no período.

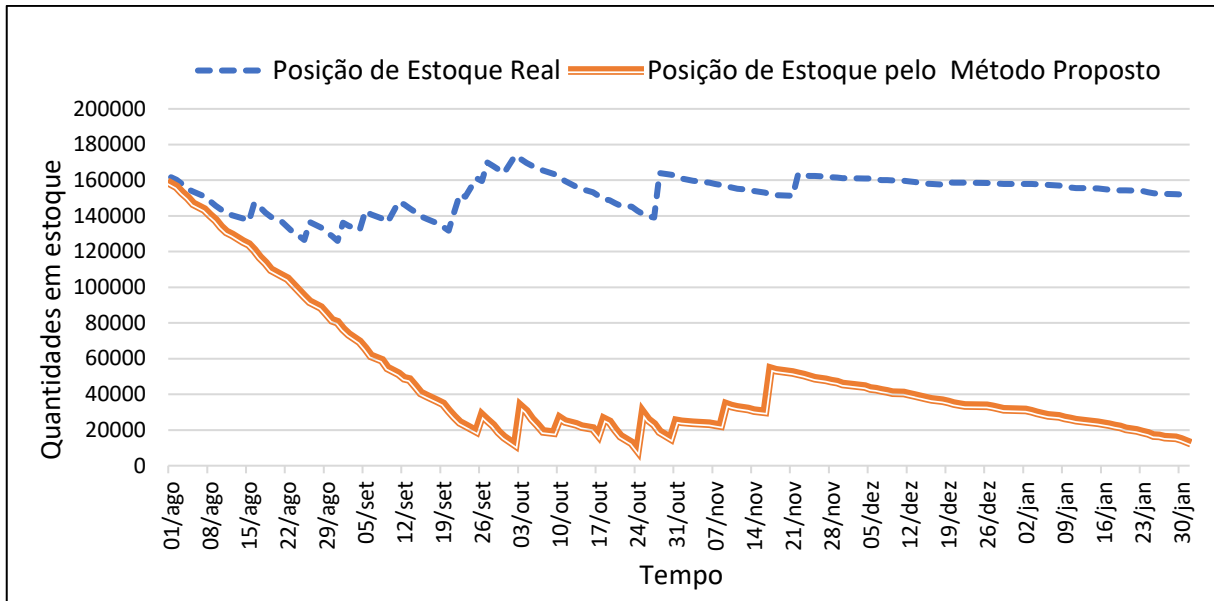


Figura 8: Comparação entre níveis de estoque real e níveis de estoque obtidos através da modelagem
Fonte: Os autores

Um ponto de grande importância no que tange os níveis de estoques são os custos totais da política adotada. Neste quesito, o método proposto também apresentou impacto positivo quando comparado à política atualmente adotada pela empresa. Considerando o custo unitário de estocagem no valor R\$ 0,004/unidade/dia, o custo total da política utilizada pela empresa foi de R\$ 98.582,72, enquanto a simulação personalizada gerou um custo total de R\$ 32.579,77 mantendo o nível de serviço em 100% (ou seja, sem rupturas de estoque). Notou-se também que há a possibilidade de redução dos custos totais ao diminuir o ponto de pedido antes do final de outubro. Percebe-se ainda um aumento de estoque no início de novembro devido à entrega de pedidos feitos em períodos de alta demanda. Outro ponto a ser considerado é a possibilidade de reduzir o *lead time* a fim de utilizar menores pontos de reposição.

3.5. Conclusões

Este artigo teve como principal objetivo propor uma política de gerenciamento de estoque de embalagens em uma empresa misturadora de fertilizante apoiada na Simulação de Monte Carlo. Seu desenvolvimento é justificado pela necessidade em se implementar procedimentos formais na política de estoque na referida empresa. Uma estrutura formal de gestão de estoque visa definir com maior acurácia, a quantidade de embalagens a serem pedidas, o momento para se efetuar os pedidos, o volume de estoque a ser mantido nos depósitos, os tamanhos de lotes que possibilitam o menor custo e o custo total da política utilizada.

A estrutura proposta apoiou-se em três etapas. Inicialmente os históricos de demanda foram coletados e analisados a fim de se determinar o tipo de embalagens a ter seu estoque

gerenciado. Constatou-se, então, a existência de um padrão sazonal que possibilitou a divisão em dois períodos bem definidos, justificando o desenvolvimento de uma política de gestão personalizada para diferentes meses do ano. Nesta mesma etapa, foram selecionados os períodos de dados para modelagem das demandas e coletados dados a serem utilizados como parâmetros de entrada para a modelagem. Na etapa seguinte, foram efetuados os tratamentos estatísticos que comprovaram que a distribuição normal de frequência representa os dados dos dois padrões de demanda. 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 as variações sofridas nos níveis de serviço e nos custos totais da política de estoque quando se alterava o ponto de reposição e *lead time* de recebimento. Nesta fase também foi elaborada a política personalizada de gestão de estoques considerando diferentes padrões de dados de entrada e de estoques para diferentes meses do ano. A sistemática de gerenciamento proposta foi comparada com dados reais da política de estoque de embalagens da empresa referente ao período de agosto de 2017 a janeiro de 2018.

Os resultados obtidos permitem afirmar que a Simulação de Monte Carlo possibilitou projetar cenários alternativos de operacionalização do sistema em questão, bem como avaliar a sensibilidade de parâmetros de entrada como *lead time* e ponto de pedido. Foi possível comprovar que devido ao elevado custo de escassez unitário das embalagens, pequenas reduções dos níveis de serviços geram acréscimos relevantes nos custos totais, portanto, evidencia-se a importância de um controle de estoques bem executado. Percebeu-se ainda que o ponto de pedido determinado pelo método apresenta menor custo total quando não se altera o *lead time*; suas variações resultam no aumento considerável do custo total da política de estoque.

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, concluiu-se que o método proposto, mesmo sem alterações substanciais nas rotinas da empresa, conduz a vantagens significativas quando comparado à política de gestão atualmente adotada. O modelo apresentou bons resultados em termos de custo total de estoque sem prejuízo nos níveis de serviço e ainda evidenciou que é possível aumentar a eficiência através da redução do *lead time* e ponto de pedido.

Como proposta para estudos futuros, recomenda-se estender a simulação a outros tipos de embalagens da empresa a fim de gerar uma análise completa, permitindo dimensionar com maior acurácia o tamanho do depósito necessário, bem como demais recursos de suporte.

Existe, ainda, a possibilidade de se aplicar o estudo para a gestão de estoque do próprio fertilizante.

3.6. Referencial bibliográfico

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.

BALLOU, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: Planejamento organização e logística empresarial*. Tradução Elias Pereira. 5ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BALLOU, R. H. *Logística empresarial*. São Paulo: Atlas, 1993.

BANKS, J.; CARSON, J.; NELSON, B. *Discrete-event system simulation*. New Jersey: Prentice Hall, 1996.

BORGES, C. T.; CAMPOS, S.M.; BORGES C.E. *Implantação de um sistema para o controle de estoques em uma gráfica/editora de uma universidade*. Revista eletrônica Produção & Engenharia, v.3, n. 1, p. 236-247, jul./dez. 2010.

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, H. L.; CORRÊA, C. A. *Administração de produção e operações*. Manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

DIAS, M. A. P. *Administração de materiais: uma abordagem logística*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

FILHO, M. G.; FERNANDES, F. C. F. *Planejamento e controle da produção*. São Paulo: Atlas, 2010.

FLEURY, R. E.; WANKE, P.; FIGUEIREDO, K. *Logística empresarial: a perspectiva brasileira*. São Paulo: Atlas, 2000)

- GAITHER, N.; FRAIZER, G. *Administração da produção e operações*. 8. ed. São Paulo: Thomson, 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.
- GIL, A. C. *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P. *Administração de produção e operações*. 8. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- LENARD, L. D.; ROY, B. Multi-item inventory control: A multicriteria view. *European journal of operational research*. v. 87, p. 685-692, 1995.
- LIMA, I. D. A.; SILVA, J. C. K.; PIOL, K. D. B.; DINIZ, M. F. S.; FERREIRA FILHO, H. R. *Análise da gestão de estoque de matérias-primas utilizadas para produção da merenda escolar: Proposta para otimizar a utilização de recursos em uma escola pública localizada no município de Marabá-PA*. In: Simpósio de Engenharia de Produção, 22, 2015, Bauru. Anais eletrônicos. Bauru, SP, 2015.
- 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 do Value-at-Risk*. Dissertação (Mestrado em Administração). Rio de Janeiro – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.
- 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.
- 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.
- 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.

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

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. Caxias do Sul – Universidade de Caxias do Sul, 2017.

ROSARIO, K. P.; AZEVEDO, R. L.; SILVA, B. G. T.; MARCELINO, D. F.; OLIVEIRA, D. P. *Aplicação da teoria de filas e simulação de Monte Carlo em uma rede de farmácias localizada no município de Castanha, Pará*. In: XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015, Fortaleza, CE. Disponível em: < abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_211_253_28038.pdf >.

SANCHES, A. L.; MARINS, F. A. S.; MONTEVECHI, J. A. B.; RIBEIRO, D. A. *Dimensionamento de Kanban estatístico por DOE simulado*. In: IV SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2007, Rio de Janeiro. Anais eletrônicos. Rio de Janeiro: SEGeT, 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. São Paulo, 2011.

SARTORI, M. A.; PEREZ, R.; SILVA JÚNIOR, A. G.; MARTINS, D. D. S. *Utilização da simulação de Monte Carlo em estudo de implantação de unidade agroindustrial de produção de banana chips*. In: XIII Simpósio de Engenharia de Produção, 2016, Bauru. Anais eletrônicos. Bauru, SP, 2006.

SILVA, G. L. C. *Modelo de estoque para peças de reposição sujeitas à demanda intermitente e lead-time estocástico*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia. Belo Horizonte - Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

SILVEIRA, M. A. C. *Seleção de variáveis para clusterização com vistas ao aprimoramento de processos produtivos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção e Transportes. Porto Alegre - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2003.

- SILVER, E. A.; PETERSON, R.; PYKE, D. F. *Inventory management and production planning and scheduling*. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1998.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
- SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; HARLAND, C.; HARRISON, A. *Administração da produção*. Edição compacta: Atlas, 1999.
- 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.
- TADEU, H. F. B. *Gestão de estoques: Fundamentos, modelos matemáticos e melhores práticas*. São Paulo: Cengage Learning, 2010.
- TUBINO, D. F. *Manual de planejamento e controle de produção*. São Paulo: Atlas, 2004.
- VENDRAME, F. C. *Administração de recursos materiais e patrimoniais*. Apostila da Disciplina de Administração Faculdades Salesianas de Lins. São Paulo: 2008.
- VIANA, J. J. *Administração de materiais: um enfoque prático*. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- WANKE, P. *Gestão de estoques na cadeia de suprimentos: decisões e modelos quantitativos*. Rio de Janeiro: Atlas, 2003.
- YIN, R. K. *Estudo de Caso Planejamento e Método*. 3. ed. Porto Alegre: Brookman, 2003.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido à crescente exigência do mercado consumidor, as organizações buscam constantemente o aprimoramento de processos produtivos, dentre os quais destacam-se as metodologias de gestão de insumos e recursos. Diversos fatores afetam tal processo, destacando-se o excesso de burocracia nas legislações fiscais; a elevada carga tributária imposta aos empreendedores; a concorrência entre as empresas; e os custos de estocagem de materiais e logísticos. A soma destes fatores, atrelados ao gerenciamento ineficiente de recursos, depõem contra a competitividade das empresas. Sabendo-se da importância do adequado gerenciamento dos recursos e insumos em ambientes produtivos, esta dissertação propôs uma sistemática que aborda técnicas consagradas no contexto de programação e controle de produção: previsão de demanda e gestão de estoques.

Uma previsão de demanda adequada influencia diretamente no custo do produto. Por tal motivo, no primeiro artigo foi apresentada uma abordagem de previsão de demanda para embalagens de fertilizante que integra modelos quantitativos e qualitativos de previsão. A primeira etapa foi a coleta de tratamento dos dados históricos de demanda, definição dos itens a serem analisados e a seleção dos especialistas. Na etapa seguinte, os dados históricos foram analisados e diferentes modelos matemáticos de previsão foram testados através do *software* NCSS. O método de suavização exponencial de *Holt-Winters* multiplicativo apresentou melhor capacidade preditiva, apontando menor MAPE. Na parte qualitativa, os especialistas elencaram os fatores que poderiam afetar a demanda para os próximos períodos; cada especialista obteve um peso atrelado ao seu palpite definido através de uma adaptação da Função de Perda de Taguchi. O coeficiente proposto, oriundo do somatório dos palpites dos especialistas, corrigiu as previsões puramente quantitativas. Ao final, a previsão gerada pelo modelo proposto foi comparada com a previsão feita pela empresa e pela real demanda do período. Concluiu-se que o método gerou resultados satisfatórios, sendo capaz de oferecer retorno financeiro à empresa estudada.

O segundo artigo, cujo objetivo foi propor uma sistemática para gerenciamento de estoque de embalagens em uma empresa misturadora de fertilizantes apoiada na Simulação de Monte Carlo, trouxe robustos resultados em termos de custo total da política de estoque sem prejuízo aos níveis de serviço almejados. O estudo foi realizado em três etapas: inicialmente, foi determinado o tipo de embalagem a ter seu estoque gerenciando, selecionados os dados para modelagem estatística da demanda e coletados parâmetros de entrada da modelagem. Através

da análise da série histórica ficou evidenciado a possibilidade de segmentar a modelagem por conta da presença de dois padrões distintos de demanda; em seguida, foram efetuados os tratamentos estatísticos das amostras e definidas as políticas de revisão de estoque. Na etapa seguinte, foram geradas as simulações para os dois padrões de demandas; também foram testados cenários alternativos com alterações de *lead time* de entrega de pedidos e ponto de pedidos. Ao final desta etapa, propôs-se uma política de gestão de estoque personalizada considerando a mudança de padrão de demanda em diferentes meses do ano. Por fim, comparou-se os resultados obtidos pelo método proposto e com a atual política de gestão de estoque da companhia. Percebeu-se redução dos níveis de estoque e oportunidades para melhorias.

Com base no exposto, e de acordo com os objetivos descritos no capítulo 1 deste trabalho, conclui-se que os mesmos foram atingidos com êxito. Os modelos gerados em ambos os artigos podem ser desdobrados em projetos pilotos na gestão de recursos da empresa, aprimorando os processos produtivos e diminuindo desperdício de recursos.

A fim de dar continuidade ao estudo desenvolvido nesta dissertação, são sugeridas as seguintes linhas de pesquisa:

- Aplicação da sistemática de previsão de demanda e de gestão de estoque para outros produtos da empresa;
- Aplicar o método de previsão de demanda para planejamento de equipes, visando à redução dos custos de produção através do dimensionamento adequado da força de trabalho;
- Desenvolver sistemática de gestão de estoque através do método de revisão contínua e compará-la ao método de revisão periódica;
- Desenvolver método para analisar a viabilidade de se manter um único centro de estocagem de embalagens visando a diminuir os estoques de segurança de várias unidades fabris.