

IMPLANTAÇÃO DE MODELO DE PREVISÃO DE DEMANDA EM UMA MICROEMPRESA DE VESTUÁRIO

Milena Flessas (UFRGS) milena.flessas@gmail.com

José Luis Duarte Ribeiro (UFRGS) ribeiro@producao.ufrgs.br

Resumo

O presente artigo propõe a implantação de um modelo de previsão de demanda baseado em séries temporais. O estudo foi realizado em uma microempresa de vestuário com venda de produtos próprios e de terceiros, totalizando aproximadamente 8 mil itens. A metodologia proposta consistiu na coleta e classificação dos dados, seguida da escolha do modelo mais adequado e sua aplicação e avaliação dos resultados. A escolha do modelo considerou a relação entre a acurácia das previsões e a simplicidade de aplicação. O modelo utilizado é uma variante do método de Holt-winters. O modelo proposto apresentou erros na previsão bastante variados entre os grupos, com MPE a partir de 2% e MAPE a partir de 12%, para alguns dos grupos mais representativos. A melhoria da gestão de estoques e de compras na empresa são resultados esperados com a sua aplicação, com conseqüente diminuição de seus custos operacionais.

Palavras chave: Previsão de demanda, Séries Temporais, Microempresa de vestuário

Abstract

This article proposes the implementation of a time series forecasting model. The study was performed in a small clothing company, which sells its own products as well as third part ones, totalizing eight thousand items. The indicated methodology consists in data collection and classification, followed by the choice of the most suitable model and its application and results evaluation. The choice for the model considered the relation between the accuracy of the predictions and the simplicity of the application. The model used is a variant of the Holt-Winters method. The proposed model presented several different errors in the forecast amongst the groups, with a MPE from 2% and a MAPE from 12%, for some of the most representative groups. The improvement in the inventory management and procurement in the company are the expected results with the application of the model, with consequential minimization of operational costs.

Key words: Demand Forecast, Time Series, Clothing Company

1. Introdução

Com a redução das importações pelos mercados consumidores da Europa e América do Norte, em razão da crise mundial, os produtores asiáticos concentraram sua atuação nos mercados emergentes para o escoamento dos excessos de produção. Assim, na última década, diversos

produtos brasileiros têm sido substituídos em razão de um aumento significativo nas importações de vestuário (ABIT, 2013).

Nesse cenário de forte competição, informações confiáveis são necessárias à tomada de decisão. Segundo Tubino (2007), a previsão da demanda fundamenta o desenvolvimento estratégico da produção, vendas e finanças de uma empresa, permitindo, portanto, o desenvolvimento de seus planos de capacidade, de fluxo de caixa, de vendas, de produção, de estoques, de mão de obra, de compras, dentre outros.

Características específicas da indústria de vestuário, entretanto, tornam o processo de previsão da demanda complexo e desafiador. As vendas altamente dependentes das tendências de moda e dos gostos e desejos dos clientes; o curto ciclo de vida do produto, com duração média de uma estação; a forte relação entre as vendas e fatores meteorológicos; as tendências macroeconômicas; as políticas do país; o poder de compra dos consumidores e as estratégias de mercado são alguns dos fatores que influenciam o volume de vendas (THOMASSEY, 2010; NENNI et al., 2013). A necessidade por previsões mais acuradas e eficientes, em conjunto com os avanços tecnológicos, resultou no desenvolvimento de diversos métodos e técnicas para a previsão da demanda.

Os métodos de previsão de demanda podem ser classificados em qualitativos e quantitativos, sendo o primeiro embasado em avaliações subjetivas de especialistas, gerentes ou consumidores, e o segundo, a partir de uma base de dados histórica (SPEDDING; CHAN, 2000). Os métodos quantitativos podem ainda ser classificados em Análises de Séries Temporais e Métodos Causais (PASSARI, 2003; LEMOS, 2006).

Para a escolha do método ideal a ser implementado, Reis (2014) afirma que os modelos mais complexos e de maior esforço computacional apresentam melhor resultado, mas, dependendo do contexto de utilização das previsões, a relação de esforço e ganho de acurácia talvez não se justifique. Dessa forma, análises de séries temporais podem ser utilizados como ferramentas de previsão mais simples, mas com resultados satisfatórios em muitas aplicações.

Os métodos de previsão de demanda podem auxiliar no ambiente organizacional, contudo sua complexidade ainda constitui um empecilho para maior difusão na indústria de vestuário. (REIS, 2014). Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho é implementar um método de previsão de demanda de séries temporais a uma microempresa no ramo de vestuário. Mais especificamente, pretende-se utilizar um método de previsão de demanda de séries temporais,

dentre os diversos citados na literatura, que considere o equilíbrio na relação entre a acurácia das previsões e a simplicidade de aplicação do método. A implementação do mesmo deve ser realizada considerando ainda as diversas particularidades da indústria da moda, assim como as propriedades individuais da microempresa em questão, analisando especialmente a variedade e o volume do *mix* de produto.

Uma vez implementado o método de previsão de vendas, a empresa terá acesso a maior conhecimento a respeito do comportamento da demanda que, além de facilitar no atendimento dos desejos do cliente, auxiliará nas decisões de compras da empresa. A previsão da quantidade e variedade ideal de compra contribuirá, portanto, para a diminuição do estoque e da necessidade de promoções no fim da temporada, além da diminuição dos custos operacionais.

A estrutura deste artigo contempla esta introdução, seguida da seção 2, na qual são brevemente apresentados os modelos de análise de série temporal mencionados pela literatura. A seção 3 apresenta a metodologia de aplicação da previsão, desde a coleta de dados até a aplicação do modelo. Na seção 4, são expostos os resultados encontrados e, finalmente, a última seção conclui o artigo, resumindo os principais achados, avaliando se os objetivos foram alcançados, abordando as dificuldades encontradas e propondo aprofundamentos futuros para a pesquisa.

2. Referencial Teórico

Esta seção, inicialmente, apresenta uma breve discussão das dificuldades associadas à previsão de demanda no comércio de vestuário. Após, são descritos os principais métodos de previsão de demanda apoiados em séries temporais. Por fim, discorre sobre as técnicas de seleção de modelos de previsão de demanda.

2.1. Aplicação de Previsão de Demanda no Comércio de Vestuário

Visto a grande influência de tendências de moda e condições climáticas no desempenho das vendas no comércio de vestuário, encontrar uma solução para tratar as flutuações típicas deste mercado pode auxiliar consideravelmente a organização das atividades empresariais. A utilização de um método de previsão de demanda pode agregar, portanto, um grande valor para as empresas desse ramo. Informações mais seguras permitem maior controle sobre as vendas, tamanho do estoque, planejamento da produção e compras, assim como melhorias na gestão comercial e no marketing (KAHN, 2002).

De acordo com Zawislak (2013), mais de 50% das organizações no sul do Brasil são empresas de baixa intensidade tecnológica, com produtos e processos relativamente simples e pouco focadas em pesquisa e desenvolvimento. Dessa forma, o método de previsão de demanda mais apropriado para essas organizações também deve ser simples e fácil de implantar e utilizar. A redução das discrepâncias em conjunto com a manutenção da simplicidade e praticidade de algumas técnicas de previsão é a combinação desejada em ambientes dinâmicos como os empresariais (SOUZA et al., 2008).

As diversas técnicas de previsão de demanda exigem diferentes níveis de esforço e investimento, de forma que utilizar técnicas mais complexas pode não ser sempre vantajoso ou viável à empresa. O custo adicional de se utilizar um método complexo, como as redes neurais, pode superar o benefício com a redução no erro de previsão (NEUMANN, 2010). Dessa forma, encontrar o melhor custo-benefício com a escolha de uma técnica de previsão exige o entendimento das vantagens e desvantagens de cada modelo, assim como seus custos e aplicações (VEIGA et al., 2012). Apenas os métodos de previsão de demanda classificadas como séries temporais foram, portanto, consideradas como viáveis de implementação na empresa analisada. Esses métodos são discutidos a seguir.

2.2. Séries Temporais

As séries temporais, de acordo com Passari (2003), utilizam informações sobre uma série de dados observados em períodos regulares para realizar previsões, de forma a buscar padrões no comportamento passado para prever o seu comportamento futuro. Para assegurar que as séries sejam precisas e eficazes, o seu período de revisão e prazo de reposição precisam ser curtos. (CHARNES; ZINN, 1997; ARMSTRONG, 2001).

É possível entender melhor o seu comportamento através de cinco características essenciais: (a) seu nível; (b) sua tendência; (c) seu ciclo; (d) sua sazonalidade e (e) seu erro aleatório. O nível da série, ou demanda média para determinado período, constitui os valores flutuantes em torno da média. Sua tendência aborda o comportamento ascendente ou descendente da série, no longo prazo, sendo influenciado por fatores externos como mudanças graduais nos hábitos de consumo dos clientes e crescimento demográfico. O ciclo é correspondente às variações periódicas com duração anual ou superior, resultantes de fenômenos como a recessão ou o crescimento da economia. Já a sazonalidade representa as flutuações com duração de semanas ou meses, que se repetem anualmente como o exemplo as estações do ano, sendo representados como picos e vales nos gráficos. Finalmente, há o erro aleatório, o

qual corresponde a flutuações inexplicáveis na série, como, por exemplo, catástrofes naturais (MENTZER; GOMES, 1989; MAKRIDAKIS et al., 1998; PELLEGRINI, FOGLIATTO, 2001; REIS, 2014).

2.2.1. Média Móvel

O método de média móvel é o mais simples dos modelos de previsão de demanda, ideal para ser aplicado quando o horizonte de previsão é curto. Seu elemento mais característico e relevante é a sua aleatoriedade, de forma que tendência, ciclo e sazonalidade não são explicitamente considerados, mas seus efeitos são capturados pela média móvel e influenciam a previsão futura (WHEELWRIGHT; MAKRIDAKIS, 1980).

O método realiza a média para um número fixo de observações e utiliza esse resultado para realizar a previsão do período seguinte. A cada novo valor de entrada na série, o método descarta o valor mais antigo, sendo possível visualizar a mobilidade da média ao longo da série. A equação (1) representa o modelo, no qual F_t é a previsão do período, enquanto x_t , x_{t-1} , x_{t-n+1} são as demandas no período t e n corresponde ao número de observações incluídas na média móvel (MOORE, 1989).

$$F_t = \frac{x_t + x_{t-1} + \dots + x_{t-n+1}}{n} \quad (1)$$

2.2.2. Suavização Exponencial Simples

O método da Suavização Exponencial Simples foi desenvolvido para tratar os pontos mais críticos relativos ao método das médias móveis; a aplicação do mesmo peso a todas as variáveis e o descarte daquelas mais antigas. O método, através da constante alpha (α), dá maior importância à última observação ou à última previsão realizada, dependendo do padrão da série e, por utilizar a última previsão, considera em seus cálculos, todos os valores da mesma (MOORE, 1989; ELSAYED; BOUCHER, 1994).

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

Na equação (2), F_{t+1} é a previsão do período seguinte à F_t , enquanto x_t é a demanda no período t e α uma constante arbitrária entre 0 e 1. Encontrar o melhor valor para alpha é o maior desafio de aplicação, sendo a melhor opção a utilização de um método de comparação de erros, como o erro quadrático médio (MSE). O método é aplicado com diferentes valores para α , e a diferença entre os valores previstos e reais é considerado o erro. É então calculada a média do quadrado das diferenças dos erros, sendo utilizada no modelo o valor que

minimiza a mesma (MONGOMERY et al., 1990). Ferramentas computacionais de previsão de demanda determinam o valor de α automaticamente (PELLEGRINI, FOGLIATTO, 2001). A expressão também requer um valor inicial para F_t , podendo ser utilizado o próprio valor da demanda no período t , ou então o valor médio das primeiras observações da série temporal (MAKRIDAKIS et al., 1998).

2.2.3. Suavização Exponencial Linear de Holt

Uma vez que exista uma tendência linear na série temporal, os métodos citados anteriormente não são satisfatórios, por não conseguirem traduzir a tendência em sua formulação. A suavização exponencial linear de Holt, ou suavização exponencial dupla, como também é conhecida, consegue preencher essa lacuna satisfatoriamente. As equações (3), (4) e (5) representam o modelo (MOORE, 1989; ARMSTRONG, 2001; PELLEGRINI, FOGLIATTO, 2001; TAYLOR, 2003; GOULD et al., 2007).

$$L_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (3)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (4)$$

$$F_{t+1} = L_t + nT_t \quad (5)$$

A equação (5) tem por resultado a previsão propriamente dita, com suas duas funções de nível, representada por L_t e tendência, T_t , enquanto n representa o número de períodos após t . As equações (3) e (4) utilizam os parâmetros α e β , ambas com valores no limite de 0 e 1, para estimar os valores de L_t e T_t .

Assim como no método de suavização exponencial simples, o método de Holt também enfrenta o problema inicial de definição de um valor para suas constantes, α e β , de forma que a aplicação de métodos de comparação de erros para descobrir o valor ótimo é o indicado. Anteriormente à aplicação da formulação, ainda é requerido um valor inicial para L_1 e T_1 , aos quais são sugeridos x_1 e 0, respectivamente (MAKRIDAKIS et al., 1998).

2.2.4. Método de Holt-Winters

A sazonalidade descreve o padrão de comportamento de vendas de diversos produtos, em indústrias diferentes, desde a indústria de alimentos, com exemplo da venda de sorvetes e sopas, até o comércio de vestuário, altamente influenciado pelo clima. De forma a incorporar essa variável nas previsões da demanda futura, juntamente com os outros fatores influenciadores da demanda, como nível e tendência, foi desenvolvido o método de Holt-

Winters (MAKRIDAKIS et al., 1998). O modelo consiste em duas abordagens distintas; multiplicativa, na qual a amplitude da sazonalidade varia com o nível da demanda e aditiva, na qual a amplitude da variação sazonal é constante (WINTERS, 1960).

O modelo multiplicativo consiste em 4 equações; a principal delas representa a equação de previsão da demanda (9), com as variáveis de comportamento nela inseridas, enquanto as outras três identificam as características de nível (6), tendência (7) e sazonalidade (8) da série (FULLER, 1996; MAKRIDAKIS et al., 1998).

$$L_t = \alpha \frac{x_t}{(L_t + T_t)} + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (6)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (7)$$

$$S_t = \gamma \frac{x_t}{S_{t-s}} + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (8)$$

$$F_{t+1} = (L_t + nT_t)S_{t-s+n} \quad (9)$$

A variável s corresponde a uma estação completa da sazonalidade (uma série mensal tem o s igual a 12, por exemplo), enquanto L_t , T_t e S_t representam o nível, tendência e sazonalidade da série no período t . As equações apresentam ainda uma nova constante, γ , que também varia de 0 a 1, sendo seu valor arbitrário. Como as outras constantes de suavização de nível e tendência, essa constante pode ter seu valor decidido através da aplicação de um método de comparação de erros. Outro fator, similar aos modelos previamente apresentados, consiste na necessidade de valores iniciais para que possam ser calculadas as previsões.

O modelo aditivo consiste das mesmas 4 equações vistas anteriormente, com as mesmas constantes e variáveis, mas ao invés dos índices sazonais e de nível serem multiplicados e divididos, eles são somados e subtraídos. A equação (13) representa a previsão da demanda, enquanto o comportamento de nível é apresentado em (10), a tendência em (11) e sazonalidade retratada na equação (12) (FULLER, 1996; MAKRIDAKIS et al., 1998).

$$L_t = \alpha(x_t - S_{t-s}) + (1 - \alpha)(L_{t-1} + T_{t-1}) \quad (10)$$

$$T_t = \beta(L_t - L_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \quad (11)$$

$$S_t = \gamma(x_t - L_t) + (1 - \gamma)S_{t-s} \quad (12)$$

$$F_{t+1} = L_t + nT_t + S_{t-s+n} \quad (13)$$

2.2.5. Método Box-Jenkins

O método de Box-Jenkins utiliza um algoritmo matemático mais complexo, mas é também o mais versátil dentre as séries temporais, sendo bastante aplicado, tanto no meio acadêmico, quanto em empresas (CHU; ZHANG, 2003). O método pressupõe que os valores de uma série temporal são altamente dependentes, de forma que cada valor pode ser explicado por outros da série (BOX et al., 1994).

Podem ser identificados diversos modelos, dentre eles os autoregressivos (AR), os de integração (I), os de médias móveis (MA), além de combinações dos mesmos, autoregressivos de médias móveis (ARMA) e autoregressivos integrados de médias móveis (ARIMA). A expressão para o modelo ARIMA de ordem p,d,q é a mais geral dentre os modelos, e é apresentada em (14). Na fórmula há previsões h períodos à frente, enquanto o coeficiente de autoregressão é representado por φ , o de média móvel por θ , e ε é a variância (BOX et al., 1994; MAKRIDAKIS et al., 1998).

$$F_{t+h} = \varphi_1 F_{t+h-1} + \dots + \varphi_{p+d} F_{t+h-p-d} - \theta_1 \varepsilon_{t+h-q} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t+h-q} + \varepsilon_{t+h} \quad (14)$$

Uma vez verificada as condições da série em questão, pode ser iniciada a implementação do método, que consiste na realização de três etapas. A primeira é a identificação do modelo que melhor descreve o comportamento da série, podendo ser realizado através de funções de autocorrelação e autocorrelação parcial. Segue-se, então, a etapa de estimação, na qual a variância e os parâmetros dos componentes autoregressivos e de médias móveis são estimados. Por fim, é realizada a etapa de verificação, na qual se avalia a adequação do modelo estimado ao comportamento dos dados.

2.3. Seleção do Modelo de Previsão

É importante avaliar que, apesar de ajudarem a entender e prever o comportamento da demanda, os valores previstos pelos métodos de previsão não são absolutos, eles trazem consigo margens de erro e mesmo o mais avançado método de previsão é limitado por suas próprias premissas e suposições (EVANS, 1982; ELSAYED; BOUCHER, 1994 *apud* LEMOS, 2006). A finalidade básica da previsão da demanda constitui, portanto, a redução do grau de incerteza, não sua eliminação (FIGUEIREDO, 1998).

Para escolher o modelo que melhor descreve o padrão da série em estudo, é necessário medir a acurácia das técnicas empregadas através de métodos de comparação de erros. Aqueles mais utilizados, de acordo com Bopp (1985) e Pellegrini e Fogliatto (2001), são a raiz do erro

quadrático médio (RMSE) (15), o erro absoluto médio (MAE) (16) e a média dos erros percentuais absolutos (MAPE) (17).

$$RMSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \sqrt{(x_t - F_t)^2} \quad (15)$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |x_t - F_t| \quad (16)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{x_t - F_t}{x_t} \right| \quad (17)$$

Além dos métodos de verificação da acurácia da previsão, outros critérios precisam ser avaliados na escolha do método a ser aplicado: (a) número de itens na previsão; (b) período, intervalo e horizonte de previsão; (c) benefício da previsão para a empresa; (d) facilidade de operação do método; (e) flexibilidade do método; (f) disponibilidade e confiabilidade de dados históricos; (g) comportamento do processo a ser previsto; (h) custo de desenvolvimento, instalação e operação do método; e (i) urgência para tomada de decisão baseada nas previsões (MONTGOMERY et al., 1990; YOKUM; ARMSTRONG, 1995; MAKRIDAKIS et al., 1998).

A escolha e aplicação do melhor método de previsão de demanda requer conhecimento teórico de modelos e métodos disponíveis, além das informações e dados da empresa em questão. A pesquisa realizada forneceu a base teórica necessária para iniciar a aplicação da previsão da demanda na organização, mas a prática depende ainda da consideração da realidade e das limitações da empresa. O detalhamento da mesma é descrito na seção a seguir.

3. Procedimentos Metodológicos

Esta seção apresenta a classificação da pesquisa quanto à sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos. Mais além são também especificadas as etapas do método de trabalho adotado.

A pesquisa realizada pode ser classificada de natureza aplicada, por gerar conhecimentos direcionados à solução de problemas referentes à previsão de demanda, através de uma aplicação prática em uma empresa (PRODANOV; FREITAS, 2013). Mais especificamente, ela trata da implantação de um método de previsão de demanda em uma empresa de comércio de vestuário na região sul do Brasil, com objetivos de diminuição de estoque e melhoria no seu processo de compras. Por tratar da resolução de um problema de interesse do pesquisador e do pesquisado, havendo uma participação forte por parte do primeiro, que pretende

desempenhar um papel ativo na própria realidade dos fatos, sua classificação quanto aos seus procedimentos técnicos é de pesquisa-ação.

Em relação aos objetivos do trabalho, caracteriza-se como pesquisa explicativa, que, segundo Gil (2010), busca identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Neste caso, a aplicação de uma metodologia de previsão de demanda que, através da análise e interpretação dos dados, possibilite a compreensão e previsão da demanda da organização. Finalmente, a classificação da pesquisa quanto à sua abordagem é quantitativa, a qual traduz em números as informações, para que sejam classificadas e analisadas (SILVA, 2005). Visto que este trabalho é baseado na aplicação de séries temporais, onde a aplicação de técnicas estatísticas e matemáticas para entender e trabalhar o problema é fundamental.

O presente trabalho foi realizado em cinco etapas principais: (i) coleta dos dados; (ii) classificação dos dados; (iii) definição do método a ser aplicado, (iv) modelagem da previsão e (v) Validação dos Resultados, conforme representado na Figura 1.

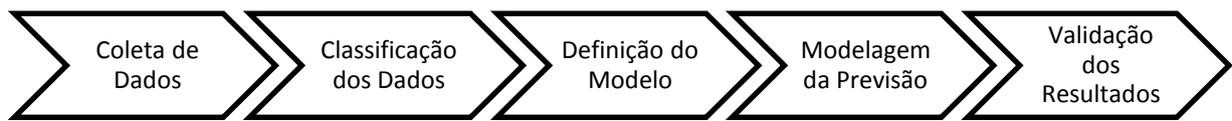


Figura 1: Metodologia de Trabalho

Para a etapa inicial do trabalho, foi realizada a coleta dos dados a serem utilizados na previsão. Essa coleta de dados foi realizada pela autora do trabalho e precisou ser, necessariamente, efetivada na loja matriz da empresa, a qual concentra as atividades de administração e, conseqüentemente, o único computador com acesso ao software necessário. Visto que o processo de compras da loja ocorre para as quatro estações do ano, foi decidido trabalhar com períodos trimestrais. Foram, então, coletadas as informações referentes às quantidades de cada produto vendido por trimestre e ao preço de venda dos produtos.

A etapa seguinte consistiu no agrupamento de todos os produtos disponibilizados pela empresa em grupos mais genéricos, de acordo com suas características. Considerou-se a etapa mais crítica para o sucesso da aplicação da técnica de previsão, pois tal agrupamento representa a realidade da loja, de forma que a utilização de premissas equivocadas ou informações deficientes ou insuficientes poderia distorcer o resultado final, não agregando, portanto, valor ou utilidade ao estudo. As informações a respeito dos produtos comercializados foram organizadas de acordo com o tipo de produto e gênero, além de tipo de tecido e faixa de preço para alguns grupos mais abrangentes, não tendo sido incorporados os

fatores relacionados à marca, estampa, cor e tamanho. O motivo para a generalização dos grupos se deve à realização da previsão para todos os produtos, e não apenas para uma parcela, de forma que se torna inviável, tanto a realização, quanto à manutenção pelos funcionários da loja, de uma previsão para cada um dos oito mil produtos disponibilizados. Além disso, grupos menos específicos possibilitam ao proprietário acrescentar sua avaliação subjetiva sobre cores e marcas durante a compra, dando maior flexibilidade ao modelo.

Uma vez que a lista com os grupos a serem trabalhados e suas respectivas vendas tenha sido finalizada, iniciou-se a terceira etapa do processo, correspondente à definição do modelo de previsão. Para a definição do modelo utilizado, foi realizado um Pareto dos grupos e aqueles mais representativos foram analisados, de forma a determinar a existência de nível, tendência e sazonalidade. Outros critérios mais subjetivos, previamente apresentados na revisão da literatura, foram também considerados no processo de seleção.

Em seguida, foi realizada a etapa de modelagem da previsão. Foi definido que o método aplicado fosse realizado utilizando uma planilha eletrônica, especialmente devido ao elevado número de grupos trabalhados. A planilha foi organizada da maneira mais didática possível e os valores dos componentes de nível, tendência e sazonalidade foram definidos, de forma que foi possível projetar os valores aproximados das vendas para os períodos futuros. Com as previsões definidas, foi otimizado o coeficiente de correlação (R^2), através do ajuste dos coeficientes de nível e tendência do modelo. Esse ajuste dos coeficientes permite que uma opinião subjetiva seja inserida no modelo, através da variação manual do valor do coeficiente (entre 0 e 1) pelo responsável pela ferramenta.

Finalmente, a última etapa do trabalho consistiu na validação dos resultados, na qual foram comparados os resultados da previsão com as vendas reais. Foram calculados, portanto, o erro médio percentual (MPE) e o erro médio absoluto percentual (MAPE) dos produtos mais representativos, para as duas últimas previsões de 2015, utilizadas como valores teste. Essa etapa é necessária para mensurar os resultados obtidos e avaliar a acurácia das previsões e sua futura utilização em outras pequenas empresas.

4. Resultados

A empresa em estudo enquadra-se no ramo de comércio de vestuário, atuando nesse mercado há 20 anos. Sua expansão de uma única loja de bairro para três unidades de negócio, acrescidas ainda de uma pequena unidade de produção, salienta a evolução da mesma no

decorrer dos anos. Todas as suas unidades são instalações de pequeno porte, localizadas na capital do estado do Rio Grande do Sul.

Os produtos comercializados pela empresa são variados, atendendo às diversas necessidades do cliente associadas a vestimenta pessoal. Ela oferece vestuário de moda masculina e feminina, com enfoque no mercado de faixa etária de 35 anos ou mais. Os produtos de tamanhos maiores também constituem uma parcela importante das vendas da empresa, especialmente devido ao crescimento desse mercado nos últimos anos (VIGITEL, 2013). O portfólio da empresa é constituído fundamentalmente por produtos de estilo casual, complementados pelas linhas de pijamas e camisolas, acessórios e roupa íntima.

Tratando do *mix* de produtos da empresa, são oferecidas calças, blusas, camisas, camisetas, casacos, blusões, saias, vestidos, pijamas, camisolas, abrigos, cuecas, lingerie de maternidade, meias e acessórios. Para cada tipo de produto pode ser ainda apresentada as variações por tipo de tecido, podendo ser mais leves, com exemplos de algodão, poliéster, viscose, gorgurão, helanca e jeans, ou mais pesados, como lã, linha, veludo, soft, plush e flanela. Essas variações, que se multiplicam ao serem avaliadas marcas, modelos, estampas, cores e tamanhos disponíveis, dificultam consideravelmente o processo de compras da empresa. Atualmente, esse processo é realizado pelo proprietário em conjunto com uma ou duas vendedoras mais antigas, de forma que as experiências e os conhecimentos do grupo a respeito da sua clientela e das tendências de moda são a base para a realização dos pedidos de compras.

A coleta dos dados necessários para a realização desse trabalho foi iniciada com a definição das datas iniciais e finais de cada trimestre. O correto relacionamento das vendas com as estações do ano é um aspecto relevante no segmento de vestuário, visto que o comércio não segue as datas previstas no calendário. Esta atividade foi realizada em conjunto com o proprietário, visto o seu conhecimento e a experiência do assunto. A Tabela 1 apresenta as datas definidas, e é possível notar que as vendas da loja iniciam praticamente na estação anterior, pois os clientes querem as novidades de cada estação com antecedência ao seu início.

Estação	Data de Início e Fim
Verão	21/10 - 20/1
Outono	21/1 - 20/4
Inverno	21/4 - 20/7
Primavera	21/7 - 20/10

Tabela 1: Datas de início e fim dos trimestres para fins de comercialização de produtos

Uma vez definidas as datas, foram coletadas as informações para cada período no software da empresa. O período de dados coletados foi de janeiro de 2010 até outubro de 2015, com um total de 7563 produtos. A definição do período considerou a necessidade de uma série relativamente longa para subsidiar as análises, mas também as características de ciclo de vida relativamente curto dos produtos do ramo de vestuário. As informações referentes à 2015, inverno e primavera, foram coletados para teste da ferramenta e validação dos resultados.

A partir das informações coletadas, foi iniciada a fase de classificação dos dados. Foi realizada a classificação por tipo de produto e gênero para todos os produtos coletados, e para alguns produtos de grande variedade, foram necessárias classificações ainda mais específicas, por tipo de tecido e preço. Um exemplo é relativo aos pijamas; além das classificações “pijama masculino” e “pijama feminino”, foi necessário dividi-los em “leve”, para os pijamas vendidos no verão, “leve de manga longa”, para aqueles vendidos nas estações de outono e primavera e ainda, em “inverno”, para aqueles pijamas de tecidos mais pesados de inverno, mais ainda, foi necessário, para cada uma dessas três novas classificações, uma classificação dependente das variações dos preços, os mais baratos, “B” e os mais caros, “A”. A Figura 2 apresenta o exemplo de classificação de pijamas.

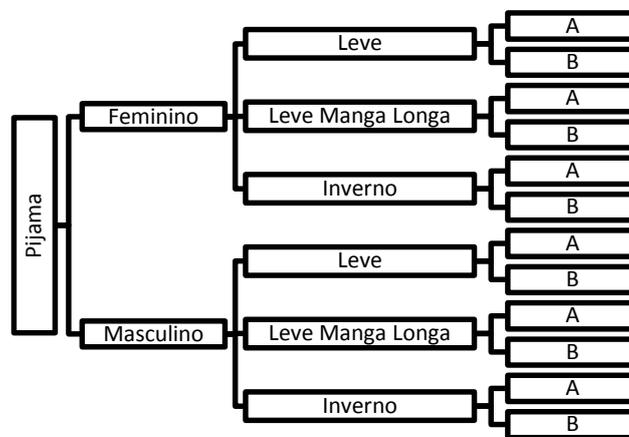


Figura 2: Classificação para pijamas

Essa classificação foi bastante subjetiva e dependeu muito dos conhecimentos da autora sobre o mercado de vestuário e do auxílio e experiência do proprietário para aqueles produtos que se mostrassem mais complexos. A maior dificuldade foi a definição de um número equilibrado de grupos. Foi necessário cuidar para que não houvesse um excesso de divisões, dificultando a manutenção pelo responsável por utilizar e atualizar as informações da planilha, mas também para que não houvessem poucas divisões de grupos, significando uma generalização excessiva dos mesmos. Finalmente, os 7653 produtos foram divididos em 122 grupos.

A terceira etapa consistiu na definição do modelo de previsão de demanda a ser incorporado. Uma vez definidos os grupos, os mesmos foram ordenados de acordo com a sua participação no faturamento da loja e uma análise de Pareto, representada pelo gráfico 1, foi realizada. A análise foi considerada necessária para simplificar o estudo e minimizar o esforço no tratamento dos dados, evitando a duplicação de tarefas nas etapas de definição e modelagem da previsão. A partir do gráfico, foi possível perceber que 30% dos grupos, correspondente a 36 grupos, são responsáveis por 70% das vendas, de forma que a utilização dessa amostra para avaliar as características de nível, tendência e sazonalidade e definir o modelo a ser utilizado para o estudo foi considerado suficiente.

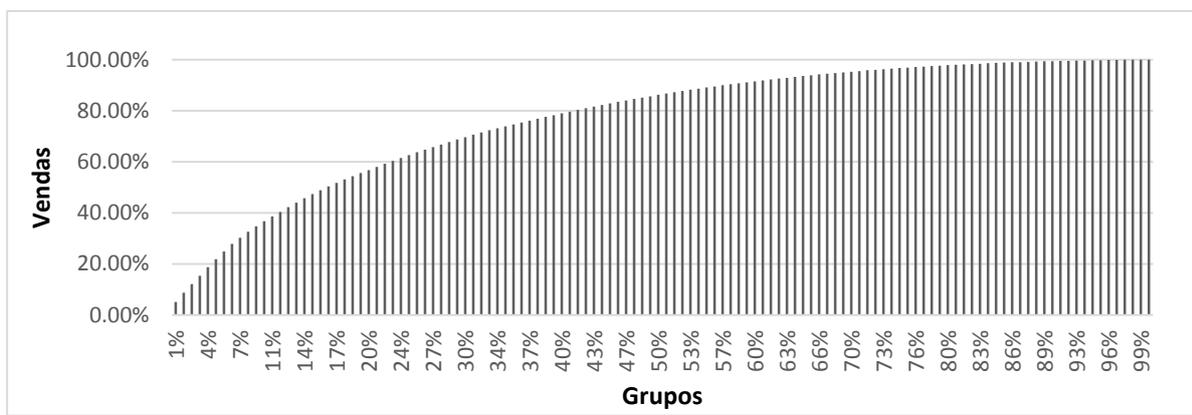


Gráfico 1: Análise de Pareto

Para esses 36 grupos selecionados, um gráfico foi plotado e foram observadas as quantidades de peças vendidas de cada produto por trimestre. A definição de utilizar as peças vendidas ao invés do faturamento para a análise das características foi devido à utilização futura da ferramenta, para auxiliar nas compras trimestrais a partir da previsão da demanda. Os Gráficos 2, 3 e 4 mostram três exemplos das séries temporais, representando as quantidades vendidas por período de cada produto. A análise dos gráficos gerados permitiu avaliar que, para a amostra coletada, 94% dos grupos possuem um comportamento sazonal.

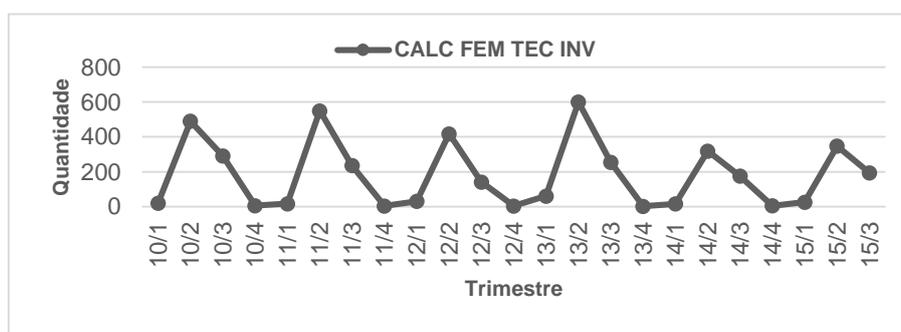


Gráfico 2: Quantidade de peças vendidas – Calc Fem Tec Iv

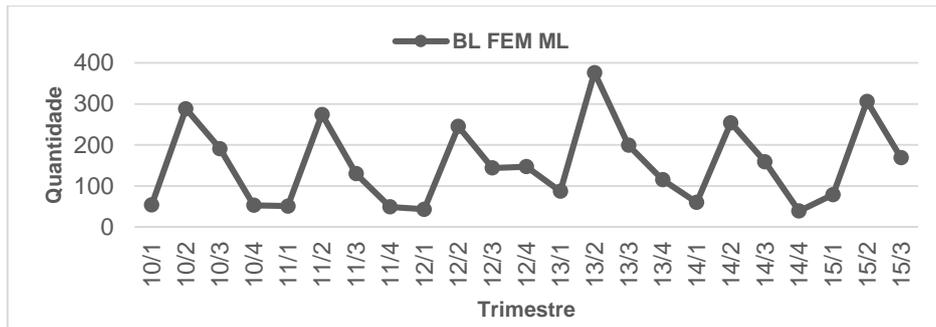


Gráfico 3: Quantidade de peças vendidas – BI Fem MI

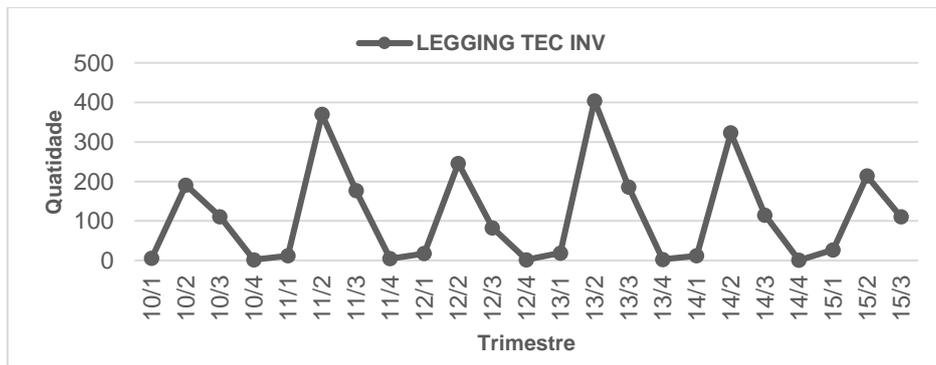


Gráfico 4: Quantidade de peças vendidas – Legging Tec Inv

O percentual mostrado pelo gráfico de Pareto informa também que os grupos são nivelados no que diz respeito à sua participação nas vendas, e, portanto, a avaliação da existência de um comportamento sazonal para a maioria dos grupos trabalhados não é suficiente para uma decisão final ser tomada. Outros critérios tiveram de ser levados em consideração na definição do modelo, conforme já ressaltavam Montgomery (1990), Yokum (1995) e Makridakis (1998). Portanto, ao ser considerado o elevado número de grupos formados, onde se realiza uma previsão para cada grupo, o curto horizonte de previsão, no qual se deseja planejar a compra apenas para o trimestre seguinte, e a necessidade de facilidade e flexibilidade do método, foi definido que o Método de Holt-Winters, particularmente apropriado para lidar com sazonalidade, típica no setor de vestuário, seria aplicado para os produtos. Foi avaliado que os métodos que não consideram a característica sazonal, como a média móvel, a suavização simples e a dupla, não poderiam prever com acurácia as demandas dos períodos futuros. Além disso, métodos mais sofisticados, como Box-Jenkins, também não seriam adequados por serem excessivamente complexos para o uso e manutenção pela equipe da empresa.

Foi iniciada, portanto, a quarta fase de implantação, na qual o método de Holt-Winters, adaptado, foi aplicado para a prever a demanda para todos os 122 grupos. Em uma planilha eletrônica, foram colocadas todas as informações das vendas dos trimestres anteriores para todos os grupos. Para a implementação das fórmulas da suavização exponencial tripla, algumas considerações e premissas foram definidas. Primeiramente, foi determinado que os coeficientes de sazonalidade de cada grupo não seriam revistos a cada nova observação, mas teriam valores fixos, definidos de acordo com a equação (18), para cada uma das quatro estações tratadas. Essa premissa foi estabelecida, pois o fator de sazonalidade é intrínseco aos produtos de vestuário, se mantendo aproximadamente o mesmo todos os anos. Os produtos vendidos no inverno, como casacos de lã e calças de veludo, serão sempre vendidos no inverno. Nesse caso, se os coeficientes fossem atualizados, a sazonalidade seria modificada a cada ano, de acordo com a influência das vendas, o que distorceria a previsão. De forma a evitar que os coeficientes de sazonalidade se tornem obsoletos, uma atualização desses valores deverá ser feita anualmente pelo responsável pela atualização e manutenção da ferramenta, excluindo os dados históricos do ano mais antigo e acrescentando novas informações.

$$\text{Sazonalidade Estação} = \frac{\text{Média das vendas da estação}}{\text{Média das vendas de todas estações}} \quad (18)$$

Em seguida, foram incluídas na planilha as fórmulas para a definição do nível e da tendência da previsão. Como é necessário definir um valor inicial para L_{t-1} , para a fórmula de nível, foi utilizado o valor médio do primeiro ano de observações da série temporal, conforme sugere Makridakis (1998), enquanto que para a fórmula da tendência, o valor inicial considerado foi zero. Os valores de α e β foram ajustados, para cada grupo de produtos, de forma a minimizar os respectivos erros de previsão. Assim, a fórmula da previsão da demanda, combinando nível, tendência e sazonalidade, foi incluída na planilha. Com os valores das previsões, foi possível determinar o coeficiente de determinação (R^2), o qual, conforme mencionado, foi otimizado através de ajustes nos valores das constantes α e β .

Finalmente, foi iniciada a etapa de validação dos resultados, na qual foram comparados os valores estimados pelo modelo de previsão de demanda com os valores reais das vendas realizadas, para o período de inverno e primavera de 2015. A partir dessa comparação, foi possível medir a acurácia do modelo proposto. Foram medidos os valores do erro médio percentual (MPE) e erro médio absoluto percentual (MAPE), para os 36 grupos mais representativos, conforme apresentado na Tabela 2.

GRUPOS	Nº ITENS	MPE	MAPE
CALC FEM TEC INV	50	19%	20%
BL FEM ML	377	4%	15%
LEGGING TEC INV	26	5%	19%
PIJ FEM LEVE B	481	-18%	19%
POLO MAS MC	217	11%	22%
PIJ FEM LEVE ML B	347	-22%	38%
CALC FEM TEC VERÃO	58	12%	20%
BAS FEM LA	22	208%	208%
PIJ MAS LEVE B	155	-15%	15%
CAMSL FEM VERÃO	301	-21%	21%
CASC FEM LA A	92	-23%	24%
ROB FEM INV	35	11%	16%
ABRG FEM	33	-38%	39%
PIJ MAS LEVE ML B	78	-8%	25%
BERM FEM TEC B	45	-21%	22%
LEGGING TEC LEVE	38	9%	55%
PIJ FEM INV B	72	39%	54%
VEST VERÃO B	127	2%	29%
BAS UNISEX LA	5	30%	30%
VEST VERÃO A	112	-31%	31%
CAMS MAS ML	70	34%	45%
BL FEM SM	194	-13%	13%
CALC MAS JNS B	129	20%	37%
CASC FEM LA B	114	-3%	18%
CALC MAS TEC	91	4%	38%
TUN FEM TEC LEVE	79	-22%	25%
BL FEM MC	252	26%	30%
SUETER MAS LA	30	98%	98%
BLAO MAS LA	142	-19%	25%
ROB MAS INV	7	17%	17%
CAMSL FEM INV	163	-36%	39%
PIJ MAS INV A	21	-11%	12%
PIJ FEM INV A	73	-56%	56%
VESTLEG TEC INV A	32	-69%	69%
CAPRI FEM TEC	29	9%	31%
CAMST MAS MC	171	-2%	12%

Tabela 2: Cálculo dos erros do modelo

A tabela 2 permite avaliar que existe uma grande variação entre os valores percentuais do MPE para o MAPE para alguns produtos, em especial para aqueles com erros menores. A “bl fem ml” e a “legging tec inv” são dois exemplos, já que os MPE foi 4% e 5% e o MAPE 15% e 19%, respectivamente. Tais diferenças se dão pelo fato de que erros positivos e negativos

das previsões se anulam no cálculo do erro médio percentual, o que no caso de uma loja com o perfil mais velho e com estilo mais conservador é menos impactante, pois uma peça não vendida naquela estação pode ser vendida na próxima. É possível avaliar também grandes variações de um produto para o outro, com erros baixos para a “camst mas mc” e muito grandes para a “bas fem la”, por exemplo. Entretanto, é difícil entender as causas que levam aos valores de erro, pois não é possível estabelecer um padrão, nem pelo tipo de produto ou quantidade de itens em um grupo.

É necessário ainda levar em consideração as características previamente citadas a respeito da indústria da moda, cuja dependência das tendências de moda, de fatores meteorológicos, da economia e da política do país dificulta consideravelmente o processo de previsão. Em específico para o ano de 2015, as influências da economia e situação política do Brasil causaram impacto nas vendas da empresa em estudo.

Finalmente, é importante ressaltar que o modelo proposto é percebido pela empresa como uma ferramenta de auxílio no processo de compras dos produtos, através da previsão para os grupos definidos. O proprietário ainda se valerá de sua experiência e conhecimento o momento das compras específicas por marca, cor e tamanho. A interação da ferramenta com a percepção e conhecimento humano é de fundamental importância para a melhoria na gestão de estoques e sucesso de vendas.

5. Conclusão

A previsão de demanda no comércio de vestuário é um processo complexo, devido especialmente à alta dependência das vendas desse setor a fatores externos, dentre eles, as tendências de moda, fatores meteorológicos e situação econômica do país. Dessa forma, o objetivo principal deste trabalho é implementar um método de previsão de demanda de séries temporais a uma microempresa no ramo de vestuário, que considere o equilíbrio entre a acurácia da previsão e sua simplicidade de aplicação, além das particularidades da indústria da moda e da estrutura da microempresa.

O estudo foi realizado em uma empresa no ramo de comércio de vestuário, cujo portfólio é constituído fundamentalmente por produtos de estilo casual, pijamas, acessórios e roupa íntima, tanto para moda feminina quanto masculina. O método de trabalho foi organizado em cinco etapas principais, iniciando com a coleta dos dados e sua classificação em grupos

comparáveis, seguida da definição do método de previsão a ser aplicado, a modelagem das vendas em planilha eletrônica e, finalmente, a validação dos resultados obtidos.

O modelo proposto apresentou erros na previsão bastante variados entre os grupos, com MPE a partir de 2% e MAPE a partir de 12% na previsão de demanda. A variação entre os produtos é grande, sendo necessário considerar as particularidades de cada um, além da dependência de fatores externos fora do controle da empresa. Além disso, é importante considerar que a empresa não utiliza nenhuma fonte concreta de informação no momento das suas compras, de forma que a aplicação do modelo de previsão agrega grande valor à tomada de decisão da empresa, especialmente relativo à melhoria do dimensionamento dos estoques e consequente diminuição dos custos operacionais.

O presente trabalho poderia ter sido melhor detalhado caso fosse realizada uma comparação dos custos das compras com e sem a utilização do modelo de previsão proposto, de forma a avaliar o valor que poderia ter sido economizado. Entretanto, a empresa não possui tais informações estruturadas, sendo necessário analisar separadamente as notas fiscais de cada compra do período. Além disso, poderia ter sido realizado um aprofundamento na gestão dos estoques da mesma, visto o seu alto volume atualmente. Esses pontos ficam, portanto, sugeridos para trabalhos futuros.

6. Referências

ABIT, Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção. Cartilha Indústria Têxtil e de Confecção Brasileira - Cenários, Desafios, Perspectivas e Demandas. Brasília, Junho 2013.

ARMSTRONG, J. Principles of Forecasting: a Handbook for Researchers and Practitioners. Boston: Kluwer Academic Publishers, 2001.

BOPP, A. E. On combining Forecasts: Some Extensions and Results. Management Science, v. 31, n.12, p.1492-1498, 1985.

BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. Time Series Analysis, Forecasting and Control. 3rd ed., Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1994.

CHARNES, J.M.; ZINN, H.M.W. Determinação do Estoque de Segurança em um Sistema de Estoque de Revisão Periódica, com Demanda Correlacionada em Série. Gestão e Produção, v.4, n.2, p.140-150, 1997.

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

EVANS, J. Psychological PitFalls in Forecasting. *Futures*, v.14, n.4, p. 258-265, 1982.

FIGUEIREDO, M.A.G. Técnicas de Previsão Aplicadas para Tomada de Decisão na Minimização de Rejeitos Industriais. *Produção*, v. 8, n.1, p. 75-87, 1998.

GIL, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GOULD, P.G.; KOEHLER, A.B.; ORD, J.K.; SNYDER, R.D.; HYNDMAN, R.J.; ARAGUI, F.V. Forecasting time series with multiple seasonal patterns. *European Journal of Operational Research*, v. 191, p. 207-222, 2007.

LEMOES, F.O. Metodologia para seleção de métodos de previsão de demanda. 2006. 183 fl. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.C.; HYNDMAN, R.J. Forecasting - methods and applications. 3° ed. New York: John Wiley, 1998.

MENTZER, J.T.; GOMES, R. Evaluating a Decision Support Forecasting System. *Industrial Marketing Management*. v. 18, n.4, p. 313 – 323, 1989.

MONTGOMERY, D.; JOHNSON, L.; GARDINER, J. Forecasting and Time Series Analysis. New York: McGraw-Hill, 1990.

MOORE, T.W. Handbook of Business Forecasting. New York: Harper & Row, 1989.

NENNI, M. E.; GIUSTINIANO, L.; PIROLO, L. Demand Forecasting in the Fashion Industry: A Review. *International Journal of Engineering Business Management*, v.5; n.37, 2013.

NEUMANN, D. Uma abordagem integrada para o planejamento de demanda de novos produtos. *Logística e Supply Chain Management*, n. 15, p. 54-72, 2010.

PASSARI, A. Exploração de Dados Atomizados para Previsão de Vendas no Varejo Utilizando Redes Neurais. Dissertação de Mestrado. Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

PELLEGRINI, F.R.; FOGLIATTO, F.S. Passos para Implementação de Sistemas de Previsão de Demanda – Técnicas e Estudo de Caso. *Produção*, v. 11, n.1, p. 43 – 64, 2001.

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E.C. *Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas de Pesquisa e do Trabalho Acadêmico*. 2ª ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

REIS, F.D. Avaliação de modelos de previsão de vendas a partir da exploração de técnicas de análise de séries temporais, métodos causais e redes neurais artificiais. 2014. 101 fl. Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado em Sistema de Informação e Gestão do Conhecimento - Universidade FUMEC, Belo Horizonte, 2014.

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

SPEDDING, T.; CHAN, K. Forecasting Demand and Inventory Management Using Bayesian Time Series. *Integrated Manufacturing Systems*, v. 11, n. 5, p.331-339, 2000.

SOUZA, G. P.; SAMOHYL, R. W.; MIRANDA, R. G. *Métodos simplificados de previsão empresarial*. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.

TAYLOR, J. Short-term electricity demand forecasting using double seasonal exponential smoothing. *Journal of Operations Research Society* v.54, p.799-805, 2003.

THOMASSEY, S. Sales forecasts in the clothing industry: The key success factor of supply chain management. *International Journal Production Economics*. v.128; p. 470–483. 2010.

TUBINO, D.F. *Planejamento e controle da produção: teoria e prática*. São Paulo: Atlas, 2007.

VEIGA, C.P; VEIGA, C.R.P; VIEIRA, G.E; TORTATO, U. Impacto Financeiro dos Erros na Previsão Empresarial: Um Estudo Comparativo entre Modelos Lineares e Redes Neurais. *Produção Online*, v. 12, n.3, p. 629-656, 2012.

VIGITEL, *Vigilância de Fatores de Risco e Proteção para Doenças Crônicas por Inquérito Telefônico*. Estimativas sobre frequência e distribuição sociodemográfica de fatores de risco e proteção para doenças crônicas nas capitais dos 26 estados brasileiros e no distrito federal em 2012. Brasília: Ministério da Saúde, 2013.

WHEELWRIGHT, S.C.; MAKRIDAKIS, S. *Forecasting Methods for Management*. 3º ed. New York: John Wiley, 1980.

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

YOKUM, J.T.; ARMSTRONG, J.S.; Beyond Accuracy: Comparison of Criteria Used to Select Forecasting Methods. *International Journal of Forecasting*, v. 11, n.4, p. 591-597, 1995.

ZAWISLAK, P.A.; ZEN, A.C; FRACASSO, E.M; REICHERT, F.M.; PUFAL, N.A. Types of Innovation in Low-Technology Firms of Emerging Markets: An Empirical Study in Brazilian Industry. *Revista de Administração e Inovação*, v. 10, n.1, p. 212-231, 2013.